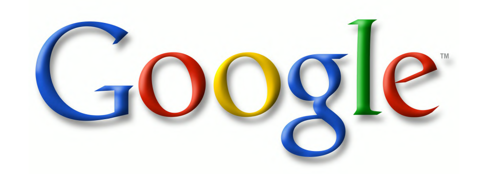


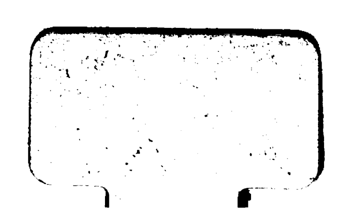
WALTHER'S

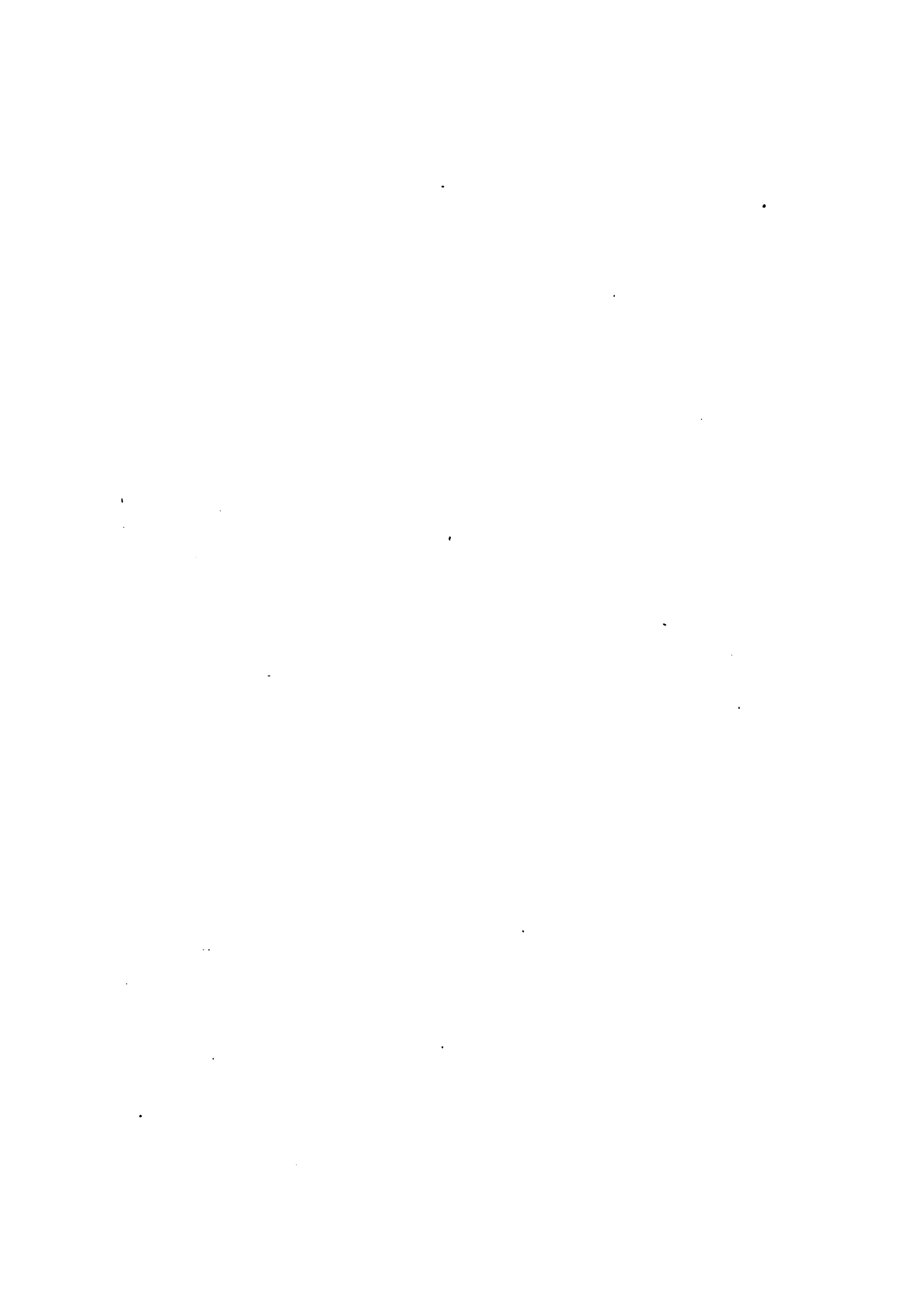
Meereskunde

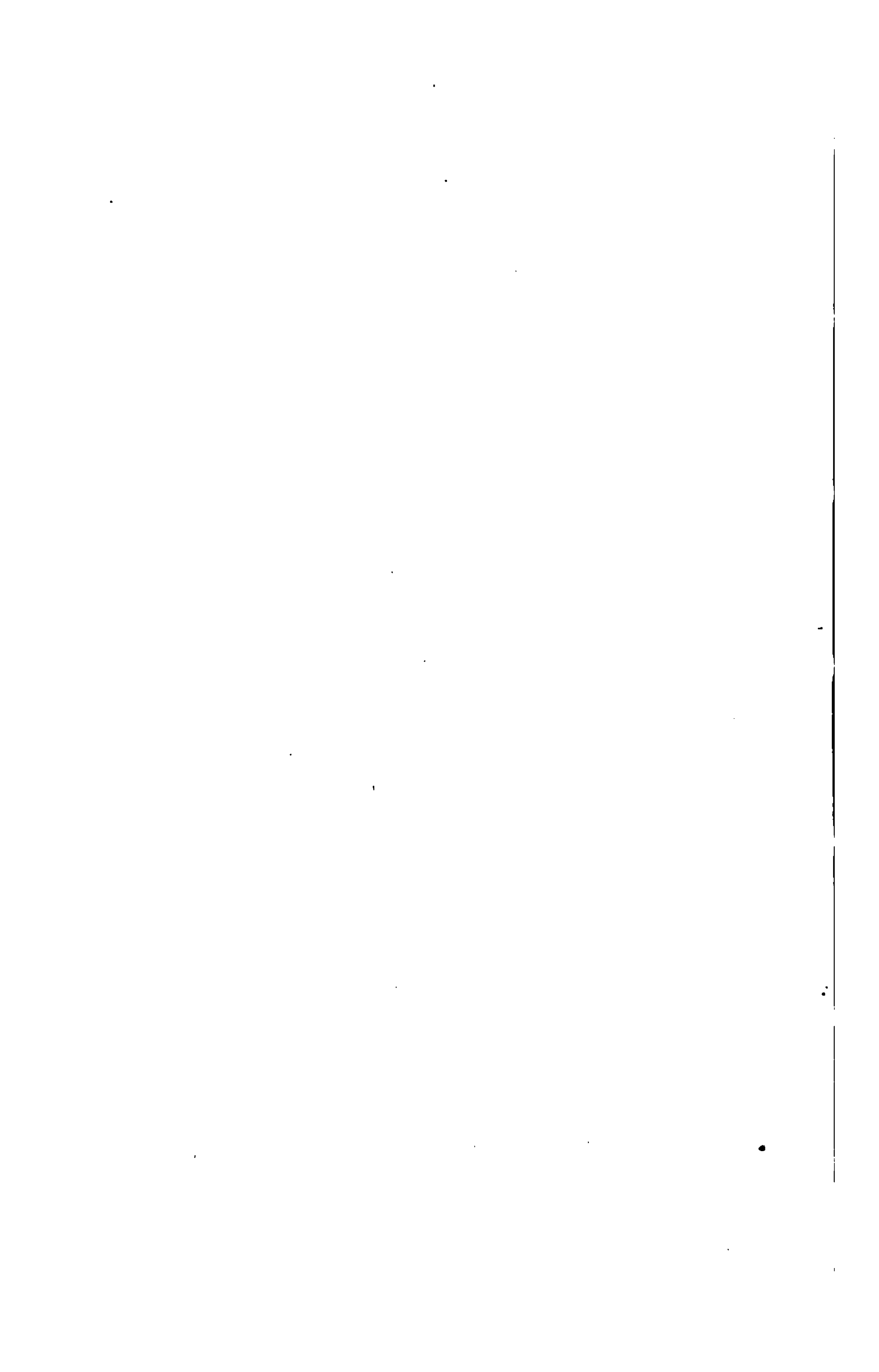
STERLING




VE
RI
TAS







Heath's Modern Language Series

ALLGEMEINE MEERESKUNDE

BY

JOHANNES WALTHER
PROFESSOR OF GEOLOGY AND PALEONTOLOGY, UNIVERSITY OF JENA

ABRIDGED AND EDITED WITH NOTES AND VOCABULARY

BY

SUSAN ADELAIDE STERLING, M.L.
ASSISTANT PROFESSOR OF GERMAN, UNIVERSITY OF WISCONSIN

D. C. HEATH & CO., PUBLISHERS
BOSTON NEW YORK CHICAGO

2 E 2

Printed in U. S. A.

PREFACE.

THE increased demand for text-books in scientific German has led to the annotating of the present work.

Walther's *Allgemeine Meereskunde*, has been chosen, first, because of the intrinsic value of the book, from a scientific standpoint; secondly, because of the interesting manner in which the subject matter is presented, the work being, by no means, a dry scientific treatise, but presenting the subject in an attractive and popular form and abounding in charming descriptions and beauties of style; thirdly, because it treats of so many different sciences (Botany, Zoölogy, Physical Geography, Chemistry, and Geology) that the student, in the one work, is made familiar with the technical terms of many sciences.

In annotating the book for class-room use, it has been necessary to abridge it. The complete edition is published by J. J. Weber, Leipzig. Having used the book, for three years, in my classes, I have noted the difficulties of students and have endeavored to adapt the notes and vocabulary to their needs. In the preparation of the same, I have received invaluable aid from the following professors of science in the University of Wisconsin: Dr. E. A. Birge, Professor of Zoölogy, Dr. C. R. Van Hise, Professor of Geology, and Dr. W. H. Hobbs, Assistant Professor of Mineralogy and Petrology.

I wish here to express my gratitude to them, also to Professor W. H. Rosenstengel, Professor of German, for valuable suggestions and assistance.

The vocabulary is not intended to be exhaustive. It contains merely geographical, scientific and technical words, and such as have a special meaning in the text.

A list of abbreviations and signs, occurring in the text, precedes the notes.

MADISON, WIS.,
January, 1899.

SUSAN ADELAIDE STERLING.

TABLE OF CONTENTS.

12. **Die Tiere des Plankton.** PAGE

13. **Die Korallenriffe.**

14. **Die Bewohner der Tiefsee.**

15. **Die Sedimente der Flachsee.**

16. **Vulkanische Inseln.**

17. Inselleben.

18. Landengen und Meerengen.

19. Geschichte des Meeres.

ALLGEMEINE MEERESKUNDE.

* 1. Zur Geschichte der Meereskunde.°

Von jenen längstvergangenen Zeiten an, wo der erste Küstenbewohner auf seinem roh behauenen Einbaum° sich hinauswagte in das Meer, die benachbarte Küste zu besuchen und neue Tauschhandel-Verbindungen anzuknüpfen,[1] bis zu den Entdeckungsfahrten eines Columbus, Vasco de Gama und Cook, war die Geschichte ozeanographischer° Entdeckungen im wesentlichen eine Geschichte der Kenntnis von den Meeresküsten.

Die Fläche des Meeres, seine Beziehungen zu den Küstenländern, seine Buchten und Inseln waren das vornehmste Ziel geographischer Forschung und die naturgemässe Voraussetzung jeder anderen Untersuchung. Man bestimmte die Grenzen des Meeres gegen das Land hin[2] und berechnete daraus die Form der Festländer.

Wenn wir heute einen Globus oder eine Weltkarte zur Hand nehmen, um uns einen Überblick zu verschaffen über die allgemeinen Verhältnisse der Erdoberfläche, so sehen wir dieselbe in zwei Teile zerfallen: den bekannten Teil des Festlandes, und den scheinbar unerforschten Ozean.

* Words given in the *vocabulary* are indicated by zero; those given in the *notes*, by other figures.

Auf den Festländern beobachten wir Gebirge und Thäler, Flüsse und Strassen, politische Grenzen, Wüsten und Wälder mit verschiedenen Zeichen angegeben. Gebirge und Thäler sind Reliefunterschiede, Flüsse und Strassen sind natürlich-künstliche Verkehrswege. Wüsten und Wälder bringen uns tier-[1] und pflanzengeographische Unterschiede vor Augen, und die politischen Grenzen fallen meist mit ethnographischen° Verbreitungsgebieten[2] zusammen.

Vergleichen wir damit die blaugezeichneten Meeresflächen der meisten Karten, so fällt uns ein grosser Unterschied auf: Wohl sehen wir durch punktierte Linien die Dampferwege bezeichnet, aber wir wissen, dass diese Fahrstrassen keine geographische Realität besitzen; zwar zeigen uns andere Linien, wo die Telegraphenkabel liegen, aber auch diese haben nur eine kultur-,[3] aber nicht naturwissenschaftliche Bedeutung. Vielleicht finden wir durch Pfeile die herrschenden Winde angegeben, oder die Richtung der grossen Meeresströmungen, aber die ersteren gehören der Atmosphäre an, und die letzteren sind Erscheinungen an der Oberfläche des Ozeans. Denken wir uns alle diese oberflächlichen Bezeichnungen von einem Globus weg, so erkennen wir, dass das Meer auf den gewöhnlichen Karten eigentlich nur planimetrisch° verzeichnet ist, dass die Karten uns nur diesen längst überholten Standpunkt der ozeanographischen Wissenschaft vor Augen führen.

Zwar ist die wissenschaftliche Meereskunde° eine gar junge Wissenschaft und jedes neue Jahr bringt neue ungeahnte Entdeckungen, aber schon im vorigen Jahrhundert wurden von Seefahrern wichtige Forschungen angestellt.

1772—1775 machte die „Resolution“ unter Kapitän J. Cook ihre berühmte Forschungsreise, begleitet von R. Forster als Naturforscher. Die Korallenriffe des Pazifik wurden untersucht und Meerestemperaturen gemessen.

1779 dredgte Otho Müller in Dänemark bis 50 m[1] tief.

1815–1818 befuhr[2] das russische Schiff „Rurik“ den Pazifik unter Kapitän Kotzebue. Sein Begleiter war der bekannte Dichter A. v. Chamisso, welcher auf dieser Reise wichtige zoologische Entdeckungen über die Tierwelt des offenen Ozeans machte und den sogenannten Generationswechsel° entdeckte.

1836 begann Ehrenberg seine Untersuchungen der Meeresabsätze und zeigte, dass der Schlamm flacher und tiefer Meeresbecken oftmals zum grössten Teil aus den Resten mikroskopischer Pflanzen und Tiere besteht.

1848 erschienen die ersten meteorologischen Seekarten und Segelhandbücher des Amerikaners Maury, welcher zeigte, dass die Entwickelung des Seeverkehrs durch wissenschaftliche Untersuchungen des Meeres ungeahnte Förderung erhalte, und welcher dadurch der Begründer der neueren Ozeanographie wurde.

1854 entdeckte der Amerikaner Brooke das Tiefseelot mit abfallendem Ballast und ermöglichte dadurch exakte Tiefseemessungen.

1857–1858 sondierte das englische Schiff „Cyclops“ unter Kapitän Dayman die Tiefe des Atlantik, entdeckte das Telegraphenplateau[3] und stellte die weite Verbreitung des Globigerinenschlickes° fest.

1872–1876 reiste das englische Schiff „Challenger“ unter Kapitän Nares um die Erde mit dem Auftrag, die

Tiefsee nach jeder Hinsicht zu untersuchen. Diese Expedition ist die wichtigste, welche je unternommen wurde, und hat die bedeutendsten Resultate erzielt.

1875–1880 untersuchte das amerikanische Schiff „Blake“
5 unter den Kapitänen Sigsbee und Bartlett mit Agassiz das Amerikanische Mittelmeer und das Golfstromgebiet. Mit einem von Sigsbee konstruierten Schliessnetz ° wurden die Tiere der mittleren Wassertiefen gesammelt.

1890 untersuchte das deutsche Schiff „National“ unter Kapi-
10 tän Heeckt die Fauna und Flora des Plankton[1] im Atlantik und studierte die damit zusammenhängenden[2] ökonomischen Fragen.

Einen wichtigen Anteil an dem Aufschwung der Ozeanographie haben die zoologischen Stationen, welche nach dem
15 Vorbilde der von A. Dohrn in Neapel gegründeten Anstalt an den Küsten von Europa, Amerika, Asien, Australien eingerichtet wurden. Hier werden die Faunen und Floren der Meere genauer untersucht und ihre bionomischen ° Bedingungen zum Vorwurf[3] physiologischer Studien gemacht.

20 Von Bedeutung für die ozeanologische Forschung sind endlich diejenigen Arbeiten gewesen, welche auf den Grenzgebieten zwischen Geologie, Geographie und Biologie in den letzten Jahren vorgenommen worden sind. Die Abhandlungen von de Lapparent, Murray, v. Richthofen, Suess, Thoulet
25 u. a. haben in ungeahnter Weise fruchtbringend gewirkt, und je mehr die Geologie eine Geschichte versteinerter[4] Meere wird, desto enger knüpfen sich ihre Beziehungen zu ihrer wichtigsten Hilfswissenschaft, der Ozeanologie.

2. Die Tiefe des Meeres.

Unergründlich nennt der Dichter das Meer, und wenn wir vom felsigen Strande oder vom Bord des Schiffes hineinblicken in die geheimnisvolle Tiefe, wenn Woge auf Woge mit gewaltigem Tosen aus dem Schosse des Ozeans heraustritt und gurgelnd wieder versinkt, dann kann uns wohl ein Schauer packen und uns den dunkelblauen Abgrund grundlos erscheinen lassen.

Den Seemann interessiert es nur zu wissen, ob er für sein Schiff ausreichend tiefes Fahrwasser findet, und wenn die Tiefe eines Meeresteiles mehr als 200 m beträgt, so ist es ihm gleichgültig, ob in dieser Tiefe der Meeresgrund liegt, oder ob es dann noch weiter in die Tiefe geht. Deshalb sind die meisten der älteren Lotungen nur für den nautischen Verkehr angestellt. Man lotete mit einem beschwerten Tau von beispielsweise[1] 200 m Länge und gab auf der Karte nicht die Grösse des Abstandes zwischen Meeresgrund und Oberfläche an, sondern nur die Tiefe, innerhalb welcher man keinen Grund gefunden hatte.

Alle solche Lotungsversuche werden auf den Seekarten mit einem darüberstehenden Strich und Punkt versehen (z. B. $\dot{\overline{200}}$) und bedeuten, dass man in der angegebenen Tiefe den Grund nicht erreicht hat.

Neben diesen wissenschaftlich wertlosen Zahlenangaben findet man in der älteren Litteratur Tiefenangaben, welche mit unvollkommenen Apparaten gewonnen und daher unbrauchbar sind. Wenn z. B. Parker an der Küste von Südamerika 15180 m Tiefe angiebt, so ist es zweifellos, dass sein Tau nicht gerade, sondern unter einem schiefen Winkel den Meeresboden erreichte.

Es ist vielfach die Ansicht verbreitet, dass man mit Hilfe von Taucherglocken oder Taucheranzügen grössere Meerestiefen untersuchen kann. Aber die grösste Tiefe, in welcher Taucher arbeiten können, ist 45 m; hier herrscht schon ein Wasserdruck von 4½ Atmosphären und macht es unmöglich, länger darin zu verweilen. Daher müssen alle Tiefseeuntersuchungen vom Bord eines Schiffes aus[1] mit sinnreich erdachten Apparaten vorgenommen werden.

Der einfachste Apparat, um die Meerestiefe zu messen, ist das sogenannte Handlot.° Eine Hanfschnur ist durch eingeknüpfte Fadenenden in Meter oder in englische Faden eingeteilt (1 m = 0.55 Faden, 1 Faden = 1.82 m). Das untere Ende der Schnur ist durch ein fusslanges Metallstück (Blei oder Eisen) beschwert, welches in seiner Unterseite eine halbkugelige Höhlung besitzt (s. Fig. 1). In diese Höhlung streicht man Talg, und wenn das Lot den Meeresboden berührt, was man an dem Erschlaffen der Schnur bemerken kann, so drückt sich ein wenig Schlamm oder Sand des Meeresgrundes, die sogenannte Grundprobe,° in den Talg. So kann man leicht mit diesem Handlot die Meerestiefe und die Beschaffenheit des Meeresgrundes untersuchen.


Fig. 1. Handlot.

Bis zum heutigen Tage spielt das Handlot in der Nautik eine grosse Rolle, denn wenn ein Schiff bei Nebelwetter der Küste zu nahe kommt, kann man die Gefahr mit Hilfe des Handlotes meist erkennen. Bei wissenschaftlichen Messungen in grösseren Tiefen aber fühlt man bald die Unbrauchbarkeit des Handlotes. Wenn man die angehängten Gewichte nicht sehr schwer macht, bleibt das Seil nicht gestreckt, und erreicht den Meeresgrund unter einem spitzen Winkel, vermehrt man aber die Gewichte, so wird das Heraufziehen des Lotes eine sehr zeitraubende Arbeit. Auch würde es unmöglich, das Aufstossen[1] eines etwa 8000 m langen Seiles genau festzustellen, denn das Gewicht eines solchen Taues ist so bedeutend, dass dasselbe immer noch weiter abläuft, wenn[2] das untere Ende auch schon am Grunde angekommen war.

Allen diesen Übelständen verschaffte das Lot von Brooke mit einem Male Abhilfe, und das Brooke-Lotungsprinzip ist bis zum heutigen Tage bei allen Tiefseearbeiten mit geringen Veränderungen angewendet worden. Über einen unten hohlen Metallstab von 1–2 m Länge sind eine Anzahl kugeliger oder scheibenförmiger Metallstücke aufgereiht, welche in der Mitte durchbohrt sind. Der Metallstab trägt an seinem oberen Ende einen Hebel, an welchem mit Hilfe eines Drahtes die Metallstücke aufgehängt sind. Sobald das Lot den Meeresboden berührt, und für einen kurzen Moment das Seil erschlafft, löst sich der Hebel und die Metallgewichte fallen zu Boden. Dadurch wird das Seil momentan entlastet, eine Erschlaffung desselben ist an Bord des Schiffes deutlich zu erkennen, und während die Gewichte am Meeresboden liegen bleiben, wird das nun erleichterte Seil leicht emporgewunden.

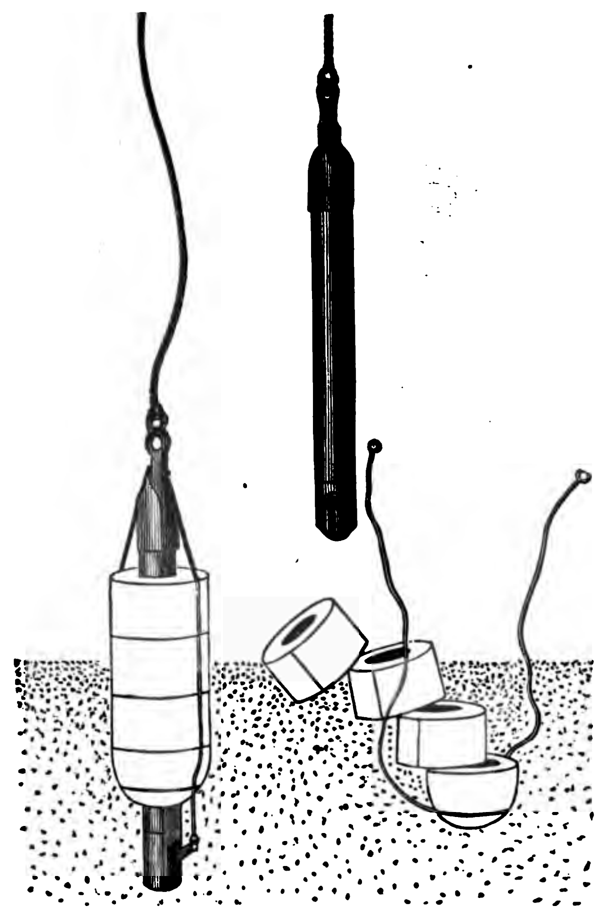


Fig. 2. Tiefseelot.

Fig. 2 zeigt das Tiefseelot, wie es von dem Fürsten Albert von Monaco verbessert worden ist. Links ist die Lotröhre in den Meeresschlamm eingedrungen, das Seil er-

schlafft, und durch Lösung des Hebels werden die umgelegten Gewichte gelockert. Rechts ist ein späterer Moment dargestellt, wie die Gewichte zu Boden sinken, und die mit der Grundprobe° erfüllte Röhre wieder emporgewunden wird.

Um die bei einem starken Hanfseil sehr störende Reibung 5 im Wasser zu vermindern, wendet man neuerdings statt dessen Stahldraht an. Der Draht läuft über eine Rolle, welche mit einem Zählwerk° verbunden ist, und drei Zifferblätter zeigen selbstthätig die abgelaufenen Hunderte, Zehner und Einer von Metern oder Faden an. 10

Wenn die See bewegt ist, dann geschieht es leicht, dass durch das stampfende Schiff beim Loten die Leine oder der Draht zerrissen wird. Um dies zu vermeiden, lässt man die Lotleine über eine Rolle laufen, welche an einem federnden Hängewerk,° einem sogenannten Akkumulator, befestigt ist. 15

Alle diese und ähnliche Lotmaschinen kranken jedoch an einem Fehler, der schwer auszuschalten° ist. Auf offenem Meer kann man das Schiff nicht verankern, und selbst bei Anwendung jeder Vorsicht wird es allmählich durch Wind oder Wasserströmungen von seinem Platze fortgetrieben. 20 Währenddessen läuft vielleicht stundenlang ein Kilometer Tau nach dem andern in die Tiefe hinab, und wenn endlich der Ausschlag[1] erfolgt, wenn der Beobachter sicher konstatiert,[2] wann das Lot den Meeresboden erreichte, — so weiss man doch nie sicher, ob das Seil ganz senkrecht in die Tiefe 25 gelaufen ist, ob es genau den kürzesten Weg zwischen Schiff und Meeresboden zurückgelegt hat. Sind auch[3] bei den neueren Apparaten die Grenzen dieser Abweichung ziemlich geringe, so muss doch zugegeben werden, dass eine solche Lotung nicht absolut zuverlässige Resultate ergiebt. 30

Man hat sich daher vielfach bemüht, einen Lotapparat zu erfinden, der die absolute Wassertiefe wiedergiebt und nicht die Länge eines hinabgelassenen Seiles.

William Thomson erfand einen nach ihm benannten Lotapparat, der aus einer unten offenen Glasröhre besteht, welche zum Schutz gegen den Wasserdruck in eine Messinghülse eingelassen ist. Das Innere der Glasröhre ist mit einer Schicht chromsauren° Silbers belegt, einer roten Substanz, welche durch Salzwasser hellgelb gefärbt wird. Lässt man diese unten offene, mit Luft erfüllte Röhre in die Tiefe des Meeres, so wird die eingeschlossene Luft durch den zunehmenden Wasserdruck immer mehr komprimiert, und dementsprechend dringt immer mehr Salzwasser in die Röhre hinein. Das eindringende Wasser entfärbt das rote chromsaure° Silber, und wenn die Röhre wieder heraufgezogen wird, so kann man aus der Länge des gelbgewordenen Belages° den Druck des Wassers und somit die Tiefe berechnen, mag die Röhre an einem senkrechten oder an einem schief hängenden Tau hinabgelassen worden sein.

So sinnreich dieses Thomson-Lot ist, so kann man es doch nur in Tiefen bis 300 m benutzen.

Einen „Bathometer“ genannten Apparat hat W. Siemens konstruiert, welcher, an Bord eines Schiffes aufgestellt, ablesen lässt, wie hoch die Wassersäule ist, über welcher sich gerade das Schiff befindet.[1] Nach den an Bord des „Faraday“ angestellten Versuchen arbeitet das Bathometer in geringen Tiefen sehr exakt, allein technische Schwierigkeiten haben seine Anwendung für grössere Tiefen nicht möglich gemacht, so dass man in der Mehrzahl der Fälle mit der alten Lotleine oder dem Klaviersaitendraht arbeitet.

Nachdem mit solchen vielfach verbesserten Lotapparaten in den letzten Jahrzehnten ein grosser Teil des Weltmeeres untersucht wurde, ist heute unsere Kenntnis von der Bodenbeschaffenheit des Ozeans eine ziemlich sichere und das Relief vieler Meeresgründe ist besser bekannt als das gewisser Teile von Afrika oder Zentralasien.

Im Gegensatz zu der Modellierung° des Festlandes, auf welchem tiefe Thäler und steil emporragende Bergabhänge so charakteristisch sind, zeigt der Meeresboden im allgemeinen nur sehr flache Neigungen. Felsengebirge oder Schluchten fehlen dem Meeresgrunde, und die meisten etwa vorhandenen stärkeren Niveauunterschiede° werden durch den alles bedeckenden Meeresschlamm verhüllt und ausgeglichen. Eine Anzahl kleiner Koralleninseln und Vulkankegel erheben sich allerdings mit sehr steilen, stellenweise senkrechten Wänden vom Meeresboden bis zur Oberfläche; allein, wenn wir von diesen absehen, so gehören Steigungen von einem Prozent[1] schon zu den Ausnahmen. Man würde auf dem Meeresgrunde Eisenbahnen nach allen Richtungen von Kontinent zu Kontinent legen können, ohne irgendwo auf Schwierigkeiten zu stossen.

Von allen Resultaten der Tiefseeuntersuchung ist aber keines so merkwürdig und so geeignet uns zum Nachdenken zu veranlassen, wie die sogenannte Kontinentalstufe.° Wenn man von der westafrikanischen Küste nach dem Atlantischen Ozean hinaus in gleichen Abständen die Tiefe des Meeres untersucht, so beobachtet man anfangs nur eine überaus geringfügige Tiefenzunahme. Auf je 1000 m sinkt der Meeresboden nur um 6 m, sodass die wahre Neigung hier nur 0.6 Prozent beträgt. So kann man weiter loten bis zu einem Küstenabstand

von etwa 30 km, wo man eine Tiefe von 180 m erreicht hat.

Von hier ab beobachtet man jedoch eine relativ sehr rasche Tiefenzunahme. Während im Gebiet des Küstensaumes auf
5 1000 m nur 6 m Tiefenzunahme gefunden wurde, lotet man jetzt auf dieselbe Entfernung 60 m, und so sinkt der Meeresboden rapid bis zu einer Tiefe von 4000 m. Dann hört die Vertiefung wieder auf, und weit in das Ozeanbecken kann man jetzt hinein loten ohne eine beträchtliche Tiefenzunahme
10 zu erkennen.

Es ist also die Küste von Westafrika umsäumt von einer untermeerischen Terrasse, deren äussere Kante in einer Tiefe von ungefähr 100 engl. Faden liegt, und die man deshalb als „Hundertfadenstufe“ ° bezeichnet.

15 Häufig findet man eine Fünfzigfadenstufe; an der Westküste von Irland ist sie zu einer Fünfhundertfadenstufe geworden. Infolgedessen hat man diese Erscheinung mit dem indifferenten Namen „Kontinentalstufe“ ° bezeichnet. Ihre Breite ist eine überaus wechselnde. An der Westküste von
20 Cornwall ist sie 550 km breit, an der Südküste von Norwegen ° nur 10 km. An vielen Küstenstrecken hat man sie bisher überhaupt noch nicht nachweisen können.

Über die Ursachen dieser rätselhaften Erscheinung gehen die Meinungen noch auseinander, mag man sie aber erklären,
25 wie man will, zweifellos ist die Kontinentalstufe eine der wichtigsten Relieferscheinungen des Meeresbodens und steht in vielen interessanten Beziehungen zu der Geschichte unseres Planeten und seiner Bewohner.

Wenn man die Modellierung ° der Erdrinde betrachtet, ohne
30 Rücksicht auf die zufälligen Grenzen der Wasserbedeckung

in den Ozeanen, so ergiebt sich das interessante Resultat, dass die Grenzen der Festländer und die Grenzen der Kontinente nicht zusammenfallen, sondern oft ziemlich verschieden von einander sind. Die Kontinente sind massive Sockel° der Erdrinde, welche mit steilen Wänden aus dem Meeresgrunde aufsteigen; die Festländer sind die zufällig vom Wasser unbedeckten, landfesten Teile der Kontinente; das Gebiet der Kontinentalstufe° gehört zum Kontinent, ist weiter nichts als der vom Meere überspülte Rand desselben. Ein Festland kann verschwinden, sobald der Meeresspiegel um wenige hundert Meter steigt, aber der Kontinent bleibt erhalten, selbst wenn er vom Meere überflutet wird.

Da nun die Sockel° der Kontinente für die Naturgeschichte des Meeres von prinzipieller Bedeutung und viel wichtiger als die Festlandsgrenzen sind, so habe ich auf der kleinen Welt-Karte das Gebiet der Kontinentalstufe mit zu dem Kontinent gezogen, damit die Karte die Verteilung und das Verhältnis der tiefen Ozeanbecken zu den erhabenen Kontinentalsockeln in objektiver Weise erkennen lässt.

Die Karte zeigt, dass durch die Kontinentalstufe manche Inseln und Festländer mit einander vereinigt werden, die auf den gewöhnlichen Landkarten getrennt erscheinen. Wir sehen, dass Irland, England und Schottland bis zu den Shetlandsinseln zu dem kontinentalen Europa gehört, dass die Nordsee und die Ostsee° ganz flache Wasserbecken sind, und dass sogar Novaja-Semlja° eng mit dem russischen Festlande verbunden ist. Ceylon schliesst sich an Vorderindien[1] an, und die grossen Sundainseln[2] bis Borneo gehören zum asiatischen Kontinent. Dagegen sehen wir Neuguinea und Tasmanien als Anhänge von Australien. Aus der Tiefe des Pazifik treten

einige wasserüberspülte Untiefen heraus, deren wichtigste von den Samoainseln,[1] dem Paumotuarchipel[2] und den Sandwichsinseln markiert werden. Formosa[3] gehört zu China, Japan verbindet sich mit Korea und Sachalin[4] mit dem Amurland.[5]

5 Die wichtigste Stelle ist aber das Behringsmeer, welches so flach ist, dass bei einer Erniedrigung des Wasserspiegels um 50 m eine Landverbindung zwischen der Alten und der Neuen Welt vorhanden ist. Wir werden in einem späteren Abschnitt auf die Bedeutung der „Behringsbrücke" für die Tiergeogra-
10 phie noch aufmerksam zu machen haben.

Betrachten wir jetzt die Tiefen des Weltmeeres, so sehen wir zuerst, dass das Nördliche und Südliche Eismeer geringe Tiefen aufweist, dass sich von hier nach dem Äquator zu grössere Tiefen einstellen. Allein die grössten Tiefen liegen
15 nicht in der Mitte, sondern am Rande der Ozeane. Die grösste Tiefe des Pazifik mit 8513 m liegt nahe dem Nordende von Japan, westlich der kurilischen[6] Inseln. Die grösste Tiefe des Atlantik mit 7086 m liegt nordöstlich von Haiti. Die des Indik mit 5523 m nordwestlich von Australien *.

20 Nach menschlichen Begriffen sind die genannten Meerestiefen so ungeheuer, dass es nützlich sein dürfte, zum Schluss dieselben im Verhältnis zum Erdganzen zu betrachten. Das Meer ist ein Teil des Erdkörpers und steht in so vielen Beziehungen zu der festen Erdrinde, dass wir über die Erschei-
25 nungen und die Veränderungen des Ozeans uns kein richtiges Bild vorzustellen im stande sind, wenn wir uns nicht vorher die Grössenverhältnisse des Meeres und der Erde recht klar gemacht haben.

* Neuerdings hat man im Pazifik 8515 m, im Atlantik 8341 m, im Indik 6205 m, im Arktik 4846 m, im Antarktik 3612 m Tiefe gelotet.

Nehmen wir an, unsere Aufgabe wäre es, einen Globus zu modellieren, auf dem Berg und Thal, Wasser und Land in den richtigen Verhältnissen dargestellt werden sollen, und wir wollten jede geographische Meile in der Grösse eines Millimeters zur Darstellung bringen, so würden wir einen Globus von rund° 1720 mm erhalten. Das ist ungefähr die Höhe eines erwachsenen Mannes. Einer der höchsten Berge der Erde, der Gaurisankar,° ist 8840 m hoch. Die tiefste Stelle des Meeres wurde bei 8513 m gelotet. Die mittlere Höhe der Kontinente über dem Meere rechnet man zu 700 m und die mittlere Tiefe aller Ozeane zu 3500 m.

Auf einem Globus von Manneshöhe würde demzufolge der höchste Berg der Erde etwas höher als 1 mm sein, die tiefste Stelle des Meeres wäre ebenfalls wenig über 1 mm. Die mittlere Höhe der Festländer betrüge $\frac{1}{10}$ mm und die durchschnittliche Tiefe des Ozeans $\frac{1}{2}$ mm.

In den richtigen Höhen dargestellt ist also das uns Menschen so unermesslich tief erscheinende Meer[1] ein papierdünnes Wasserhäutchen, welches sich um einen manneshohen Globus herumlegt, eine verschwindend zarte Hülle um einen gewaltigen Körper.

Man kann sich dieses Beispiel gar nicht klar genug machen und nicht tief genug einprägen, und bei einer ganzen Reihe künftiger Betrachtungen werden wir auf unseren Globus zurückkommen müssen, um an ihm zu erläutern, mit welchen Verhältnissen wir bei allen geologischen Betrachtungen zu rechnen haben. Denn eine Verminderung des Meeresspiegels um 700 m, welche uns kleinen Menschen gewaltig und kaum glaubhaft erscheint, beträgt auf jenem manneshohen Globus $\frac{1}{10}$ mm, also einen Betrag, der sich in den angegebenen Dimensionen nicht augenfällig darstellen lassen würde.

3. Veränderungen der Meerestiefe.

Wenn wir vom Bord eines Ozeandampfers hinausblicken auf die Wasserfläche, die uns umgiebt, so sehen wir dieselbe von einem kreisförmigen Horizont abgeschnitten, jenseits dessen die Masten vorbeifahrender Schiffe oder die Spitzen einsamer Leuchttürme hervorragen. Wenn sich unser Auge neun Fuss über dem Meeresspiegel befindet, so ist der Halbmesser des sichtbaren Horizontes die Quadratwurzel aus jener Zahl, also 3 Seemeilen (1 Seemeile = 2 km) gross, befindet sich unser Auge 25 Fuss über dem Wasser, so sehen wir 5 Seemeilen oder 10 km weit; dass wir dann aber den 49 Fuss hohen Mast eines vorbeisegelnden Schiffes 14 km weit erblicken können, bedarf keiner besonderen Begründung.

Wir schliessen mit Recht aus dieser wohlbekannten Erscheinung, dass der Wasserspiegel des Meeres gekrümmt ist. Nach der gewöhnlichen Annahme ist jeder Punkt der gekrümmten Meeresfläche und jeder Punkt der Küste ungefähr gleich weit vom Erdmittelpunkt entfernt, und die Oberfläche des Weltmeeres ist eine etwas abgeplattete regelmässige Kugelfläche. Alle Höhenmessungen fussen auf diesem Satz, jedes Nivellement° betrachtet den Stand des Meeresspiegels als eine feststehende Marke.

An Bahnhofstationen sieht man oftmals eine kleine Tafel in die Wand eingelassen, auf welcher die topographische Höhe des Ortes in Metern angegeben ist. Früher las man auf diesen Schildchen z. B. „350 m über dem Ostseespiegel.“ Seit einigen Jahren jedoch hat man diese Aufschrift verändert in: „350 m über Normal-Null.“° Normalnull ist eine Marke, welche 37 m unter der Berliner Sternwarte liegt, und auf

welche neuerdings alle Nivellierungen bezogen werden. Jene Veränderung auf den Höhenmarken der Bahnhöfe bezeichnet eine tiefgreifende Veränderung in der wissenschaftlichen Erkenntnis des Meeresstandes. Seit den Tagen des Archimedes bis auf unsere Zeit galt es als ein allgemein feststehender Satz, dass die Meeresoberfläche übereinstimme mit der Oberfläche einer etwas abgeplatteten Kugel; heute wissen wir aber, dass diese Annahme nicht richtig ist, dass vielmehr der Stand des Meeres durch sehr verschiedenartige Ursachen nicht nur periodisch, sondern auch dauernd deformiert° wird, dass im Laufe der geologischen Geschichte die Lage des Meeresstrandes sehr beträchtlichen Verschiebungen° unterworfen war.

Früher durfte man aus jeder dauernden Verschiebung des Meeresstrandes auf eine Hebung oder Senkung der Küste schliessen, jetzt hat man das Fehlerhafte dieses Schlusses eingesehen und demzufolge auch andere Ausdrücke für jene Erscheinung gewählt.

Ehe wir jedoch diese dauernden Veränderungen der Strandlinie besprechen,[1] müssen wir der periodischen kleinen Schwankungen gedenken, die der Meeresspiegel täglich erleidet.

Die Grenze zwischen Meer und Festland, das „Meeresniveau" oder die „Strandlinie", wird gemessen mit Hilfe eines sogenannten „Pegels".° Der Pegel muss dem Einfluss der Wellenbewegung möglichst entzogen sein. Deshalb besteht er aus einem engen Schacht, der in das Küstengestein eingesenkt ist, und der 5 m unter dem tiefsten Ebbestand mit dem Meere in Verbindung steht. In diesem Schacht misst man direkt, oder mit Hilfe der Elektrizität den jeweiligen° Stand des Wassers.

Aber es bedarf meist keines Pegels, um an den Küsten ein seltsames, rhythmisches Auf- und Niedersteigen des Meeresspiegels zu beobachten.

Nachdem das Meer eine Stunde lang einen überaus tiefen Stand eingenommen und an der flachen Küste einen breiten Streifen trockengelegt hat, beginnt das Wasser langsam zu steigen. Zwei Stunden lang steigt es sehr allmählich. Dann schwillt das Meer rascher an, um in abermals langsamerem Tempo nach sechs Stunden seinen höchsten Stand zu erreichen. Nur kurze Zeit hält es sich in dieser Höhe, dann beginnt es zu fallen, um nach wiederum sechs Stunden seinen tiefen Anfangsstand wieder einzunehmen. Man nennt den tiefen Wasserstand: Ebbe, den hohen Stand: Flut, und bezeichnet das ganze Phänomen, das sich innerhalb 12 Stunden und 25 Minuten wiederholt, mit dem Worte: Gezeiten. Alle 14 Tage ist der Gezeitenunterschied sehr gross, man spricht dann von „Springflut".° Die Gezeiten sind für die Schiffahrt von grosser Wichtigkeit; manche Häfen können von grossen Schiffen nur bei Flut erreicht werden, deshalb nennt man die Stunde, in welcher bei Flut der höchste Wasserstand erreicht wird, die „Hafenzeit" eines Ortes.

Abgeschlossene Meeresbecken zeigen geringe Gezeiten. Im Mittelmeer° betragen sie 30–50 cm, im Michigansee nur höchstens 7 cm.

Dagegen beobachtet man an der Küste der Bretagne° 11 m Fluthöhe und in die Mündungen grosser Flüsse oder schmaler Meeresbuchten dringt bisweilen die Flut zu noch grösserer Höhe hinein. Am Amazonenstrom ist der Einfluss der Gezeiten 800 km weit landeinwärts zu bemerken, in der Elbe dringt die Flut 100 km weit ein und die kommerzielle Bedeutung von Hamburg, Bremen, New York und anderen Hafenstädten ist eine Folge des Eindringens der Flut in den Unterlauf° (Fluthafen°) grosser Flüsse.

Dasjenige Stück des Flussbettes, welches unter dem Einfluss der Gezeiten steht, nennt man das Ästuarium.° Auf der Karte wurde dasselbe an einigen grösseren Flüssen durch Querlinien markiert.

Schon Plinius° erkannte, dass die Ursache der Gezeiten in der Anziehung der Gestirne zu suchen sei, dass der Mond und die Sonne die bewegende Kraft für Ebbe und Flut seien.

Denken wir uns die Erde gleichmässig mit Wasser umgeben, so wird die leicht verschiebbare Wasserhülle durch die Anziehung des Mondes in der Weise deformiert,° dass unter dem Zenith des Mondes ein Wasserberg, die Zenithflut,° und auf der entgegengesetzten Seite der Erdoberfläche ein etwas kleinerer Wasserberg, die Nadirflut,° entsteht. Bei seiner Umdrehung um die Erde ändert der Mond beständig seine Stellung zur Erdoberfläche, infolgedessen muss auch die Lage dieser beiden Wasserberge stete entsprechende Veränderungen erfahren, mit anderen Worten: Die Flut wandert, dem Monde folgend, um die Erde herum. Ebenso wie der Mond, wirkt auch die Sonne anziehend auf die irdische Wasserhülle und erzeugt ebenfalls zwei selbständige, wenn auch[1] kleinere, entgegengesetzte Fluten.

Stehen Sonne, Mond und Erde in einer geraden Linie hintereinander, so addiert sich die Mondflut° und die Sonnenflut° zu der hohen Springflut;° stehen aber Sonne, Erde und Mond in einem rechten Winkel, so fallen Sonnenflut und Mondebbe,° Mondflut und Sonnenebbe° zusammen, und heben ihre Wirkung gegenseitig so auf,[2] dass die resultierende Flut sehr niedrig ist; das nennt man die „taube Flut“.°

Die Springgezeiten sind am stärksten, wenn zur Zeit der Nachtgleichen° eine Mond- oder Sonnenfinsternis stattfindet, während sich der Mond gleichzeitig in der Erdnähe befindet.

Aber die Erde ist nicht gleichmässig von Wasser umgeben; Festländer schieben sich trennend[1] zwischen die einzelnen Meeresteile hinein. Infolgedessen wird das schematische° Bild der beiden Gezeiten sehr wesentlich abgeändert, und es ergiebt sich eine grosse Mannigfaltigkeit der Gezeiten an verschiedenen Küsten.

Ausser den Gezeiten beobachtet man jedoch noch andere periodische Änderungen des Pegel°standes, besonders an der Ostseeküste und an den Küsten ähnlicher halb abgeschlossener Nebenmeere,° welche zum Teil alle Jahre, zum Teil in dreissigjährigen Perioden wiederkehren. Im Sommer steht der Ostseespiegel hoch, dann sinkt er, um im Frühjahr seinen tiefsten Stand einzunehmen; eine Erscheinung, welche in ursächlichem Zusammenhange steht mit dem Anschwellen der Flüsse während des Frühlings infolge der Schneeschmelze.

In den regenreichen Perioden um 1820, 1850 und 1880 stand der Ostseespiegel 10–25 mm über Mittelwasser, dagegen sank er in den trockenen Perioden um 1835 und 1865 über 10 mm unter dasselbe — ein Beweis, wie der Wasserstand eines solchen Nebenmeeres von den Niederschlagsmengen der umgebenden Festländer abhängt.

Das Meerwasser hat die Fähigkeit, sich im Niveau° seines mittleren Wasserstandes eine Rinne in die Felsen der Küste einzugraben; verschiedene Arten von Muscheln bohren sich in demselben Niveau Löcher in die Felsen, und nach

dem Tode des Tieres bleiben die Schalen in der selbstgegrabenen Höhle stecken. Solche sogenannte Strandlinien und die Löcher von strandbewohnenden Bohrmuscheln° findet man nun nicht selten hoch über dem jetzigen Meeresstrand und weit von der Küste im Lande drin, und mit Recht schliesst man daraus, dass das Meer in vergangenen Zeiten einen anderen, höheren Stand eingenommen habe. Abgestorbene Austernbänke, oder tote Korallenriffe hoch über dem gegenwärtigen Strand hat man an vielen Küsten beobachtet, und von Tromsö[1] bis nach Ceylon kann man die Spuren solcher Strandverschiebungen° beobachten.

Fussend auf der Annahme, dass der Meeresspiegel auf der ganzen Erde denselben gleichbleibenden Stand einnehme, schloss man früher aus solchen Strandlinien und Bohrmuschellöchern unbedenklich auf eine „Hebung der Küste“. In der letzten Zeit ist man vorsichtiger geworden, denn man hat eingesehen, dass eine hohe alte Strandlinie durch sehr verschiedenartige Ursachen entstehen kann.

Nehmen wir an, dass wir an der Küste der Sinaihalbinsel° 10 m über dem Strande ein versteinertes Korallenriff finden, welches als wohlausgeprägte Terrasse viele Stunden lang die Küstengebirge umsäumt, so kann

1. das Festland um 10 m gehoben worden sein,
2. kann sich das Meer um 10 m zurückgezogen haben,
3. kann das Festland um 20 m gehoben und zu gleicher Zeit das Meer um 10 m gestiegen sein,
4. kann sich das Festland um 10 m gesenkt und das Meer gleichzeitig um 20 m zurückgezogen haben.

In allen diesen Fällen wird man eine 10 m hohe Strandlinie

beobachten. Es ist also eine unbewiesene Hypothese, wenn man diese 10 m hohe Strandlinie als Beweis für eine Hebung des Festlandes betrachtet und als solche bezeichnet.

Infolgedessen hat man das indifferente Wort „Strandverschiebung“° eingeführt. Man bezeichnet eine 10 m hohe Strandlinie als „negative Strandverschiebung“ = — 10 m und eine 10 m unter Wasser befindliche alte Strandmarke benennt man als „positive Strandverschiebung“ = +10 m. Die Anwendung dieses Ausdruckes giebt nur die Thatsache objektiv wieder, ohne eine hypothetische Erklärung daran zu knüpfen.

Ein klassisches Beispiel für eine Strandverschiebung aus historischer Zeit ist die Ruine des sogenannten Serapistempels[1] in Pozzuoli bei Neapel.°

NNW vor der Stadt Pozzuoli erstreckt sich eine schmale Ebene, darauf stehen als die letzten Überreste eines vielleicht vor dem Jahr 105 v. Chr.[2] gebauten, dem Serapis geweihten Tempels drei hohe Säulenschäfte (Fig. 3). Die Sockel° derselben stehen etwas unter Wasser. Bis zu einer Höhe von 243 cm über dem Pflaster sind die Säulen glatt, dann folgt eine rauhe breite Zone, welche ganz durchlöchert erscheint von den runden



Fig. 3. Die Säulen des Serapistempels bei Pozzuoli.

Löchern von Lithodomus,° und bis zu 6 m Höhe reicht. Noch findet man die Muschelschalen, in den Bohrlöchern steckend, und es kann gar kein Zweifel darüber herrschen, dass das Meer einstmals längere Zeit hindurch 6 m höher

als jetzt gestanden hat. Da man aber nicht annehmen kann, dass der Tempel in eine 6 m tiefe Meeresbucht hineingebaut worden sei, so darf man mit aller Sicherheit schliessen, dass hier innerhalb 1900 Jahren eine positive Strandverschiebung von mindestens +6 m, darauf eine negative Strandverschiebung von — 6 m erfolgte.

Wenn diese 6 m hohe Strandlinie nicht an einem Tempel, sondern an einem natürlichen Felsen, z. B. an der Küste von Capri,[1] zu sehen wäre, so würde niemand auf die Vermutung kommen, dass eine positive Strandverschiebung der negativen Phase vorausgegangen sei. Man erkennt aus diesem Beispiel, dass es viel leichter ist, die Spuren einer negativen, als die Merkmale einer positiven Strandverschiebung zu beobachten, und wenn wir an allen Küsten der Erde die Spuren negativer Strandverschiebungen finden, so darf man daraus nicht etwa schliessen, dass der Meeresspiegel sich überall zurückzieht, oder dass sich das Land überall hebt, sondern es ist das eine einfache und natürliche Folge des Umstandes, dass alte Strandlinien über Wasser leichter zu konstatieren° sind, als unter dem Wasserspiegel.

Immer mehr häufen sich die Anzeichen dafür, dass der Meeresspiegel an den Küsten nicht nur tägliche (Gezeiten), jährliche (Schneeschmelze im Frühjahr), 30 jährliche (Regenperioden) Schwankungen erleidet, sondern dass auch innerhalb längerer Perioden noch bedeutendere Oszillationen des Strandes stattfinden, dass das Meer bald 50 m über, bald 100 m unter seinen mittleren Wasserstand steigt oder sinkt, dass man aber aus dem Vorkommen von alten Strandlinien über dem Strand absolut keinen Schluss ziehen darf auf die Richtung der augenblicklichen Oszillation des Meeresspiegels.

Und wenn man erwägt, dass die so lange und so sorgfältig untersuchten Bohrlöcher an den Säulen des Serapistempels trotz einer Reihe von historischen Nachrichten bis zum heutigen Tage noch nicht aufgeklärt sind; dass noch nicht entschieden ist, ob hier eine Senkung und Hebung des Landes, oder ein Ansteigen und Sinken des Meeresspiegels, oder beides zusammen stattgefunden habe, so wird man ermessen, wie schwierig es ist, an einer unbewohnten Küste die Ursachen einer beobachteten Strandverschiebung zu erkennen.

Wir haben gesehen, dass auf einem manneshohen Globus das Meer ein $\frac{1}{2}$ mm dünnes Häutchen darstellen würde. Bedenken wir nun, um wieviel die Erdmasse grösser ist, als die Menge des Meerwassers, so wird es uns leicht einzusehen, dass die Lage und Dicke dieses dünnen Wasserhäutchens in hohem Masse beeinflusst wird durch die Verteilung der anziehenden Kräfte in der Erdmasse. An den Rändern der Kontinente muss das Meer höher stehen, als an einer kleinen Insel mitten im Ozean; denn die Masse des Kontinentes wirkt anziehend auf das Meerwasser. Befindet sich ein hohes Gebirge nahe der Küste, so muss dort der Meeresspiegel höher stehen, als wenn ein weites Tiefland den Ozean begrenzt. Pendelbeobachtungen an verschiedenen Küsten haben diese Annahme vollauf bestätigt.

Bei St. Helena [1] steht der Meeresspiegel 847 m tiefer als an der afrikanischen Küste, an den Bonininseln [2] im Pazifik 2000 m tiefer als an der südamerikanischen Küste. Die Differenzen erscheinen ungeheuer gross; wenn wir uns aber des manneshohen Globus erinnern, so würde die letztgenannte Differenz nur $\frac{1}{4}$ mm betragen, d. h. die Krümmung des Pazifischen Ozeans nach Osten würde auf einem 1720 mm hohen

Globus um $\frac{1}{4}$ mm flacher sein, die Konvexität der Krümmung ist unmerklich vermindert.

Das jedem Amerikafahrer wohlbekannte Scherzwort, dass man zuerst „*up hill*" bis zur Mitte des Atlantik dampfe und dann „*down hill*" nach Amerika hinunterfahre, behält seine alte Wahrheit, nur ist der „*hill*" ein klein wenig niedriger als die Krümmung einer idealen, vollkommen runden Erdkugel.

Jede Veränderung in der Verteilung der anziehenden Kräfte auf der Erde hat eine Veränderung des Meeresstandes zur Folge, und wenn im Laufe der Zeiten die Gebirgsmasse der Anden° durch die Atmosphärilien° abgetragen und in das Meer hineintransportiert wird, so muss der Meeresspiegel in demselben Masse sinken, als die anziehende Masse von dem Festland nach dem Meeresgrund verlegt wird.

Jede Veränderung in dem Relief der Erdoberfläche, die Faltung eines Hochgebirges und die Abtrágung eines Berglandes, die Entstehung eines Vulkanes und die Bildung einer Erdbebenspalte, verändert also stets den Stand des Meeresspiegels und verursacht Oszillationen des Strandes.

Aus der grossen Zahl von geologischen Veränderungen, welche eine Oszillation des Strandes verursachen, wollen wir nur noch einige herausgreifen. Bekanntlich ging der gegenwärtigen Erdperiode eine Epoche voraus, in welcher die Gletscher des Nordpolargebietes sehr weit nach Süden vorrückten. Die amerikanischen Gletscher reichten bis über Chicago, die skandinavischen Eisströme lassen sich bis nach Berlin und nach Dresden verfolgen. Die Dicke der damaligen Eisbedeckung schätzt man auf über 1000 m. Man hat berechnet, dass die 1000 m dicke Eiskappe anziehend auf das Meer wirken musste, und dass damals an den nordischen

Küsten der Stand des Meeresspiegels 90 m höher gewesen sei, als er gegenwärtig ist.

Aber auch im Meere selbst walten Kräfte, welche eine Veränderung der Strandlinie veranlassen können. Bekanntlich
5 werden verschiedene Teile der Erdoberfläche sehr verschieden stark von der Sonne bestrahlt, und wie wir noch zu schildern haben, ist infolgedessen der Salzgehalt° verschiedener Meere sehr wechselnd. In den Tropen verdunstet jährlich eine Wasserschicht von 2–3 m, im Roten Meer sogar von 7 m
10 Dicke. Der verschiedene Salzgehalt bedingt eine verschiedene Schwere des Wassers. Nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren muss infolgedessen das Meer da höher stehen, wo es salzärmer, und dort niedrig, wo es schwer mit Salz gesättigt ist. Man hat berechnet, dass das Mittelmeer,°
15 dessen Salzgehalt zwischen Afrika und Kreta° am stärksten ist, hier etwa 3 m tiefer steht als an den Stellen, wo ein geringerer Salzgehalt das Wasser leichter macht.

Wenn man nun bedenkt, dass auch der Salzgehalt der einzelnen Meeresteile zu verschiedenen Zeiten ein verschiedener
20 ist, so sieht man auch hier wieder, dass Oszillationen des Meeresspiegels durch sehr verschiedene Ursachen bedingt sein können, und dass man kein Recht hat aus der Existenz einer negativen Strandverschiebung° sofort auf eine „Hebung" des Festlandes zu schliessen.

25 Während die eben betrachteten Oszillationen der Strandlinie in meteorologischen oder geologischen Veränderungen ihre Ursache finden, und meist dadurch ausgezeichnet sind, dass sie im Laufe von Jahrhunderten bald negative, bald positive Schwankungen ausführen, so kennt man doch ausserdem
30 in der Erdgeschichte gewisse Entwicklungsphasen, welche

durch Meeresbewegungen im grossen Stil[1] charakterisiert erscheinen. Zu gewissen Zeiten hat das Meer seine Grenzen verlassen, verheerend wie eine Sintflut° die Festländer überspült und eine gründliche Umgestaltung in der Verteilung von Land und Meer auf der Erdoberfläche hervorgerufen. Man nennt solche Veränderungen: Transgressionen.° Sie unterscheiden sich von den vorher besprochenen Oszillationen oder Schwankungen der Strandlinie dadurch, dass sie in ihrer Richtung viel andauernder und grossartiger sind, und dass man sie vorläufig[2] nicht auf die tellurischen° und geologischen Veränderungen zurückführen kann, welche wir vorher geschildert haben.

Geologisch erkennt man solche Transgressionen daran, dass die neugebildeten Meeresabsätze ungleichmässig° übergreifen° über die Ablagerungen° der vorhergehenden Epoche. In Fig. 4, S. 28, ist eine der schönsten transgredierenden° Überlagerungen,[3] welche man in Deutschland beobachten kann, dargestellt. Bei Obernitz in der Nähe von Saalfeld[4] führt die Eisenbahn Berlin-München am Fuss einer Felswand entlang, die aus gefalteten Devon-° und Kulmschiefern° besteht, über welche eine Reihe Kalkbänke° des Zechsteins° hinübergreifen.°

Betrachten wir die oberen Zechsteinkalke,° so sehen wir, dass dieselben horizontal wie die Quaderreihen° einer Mauer, eine Bank parallel über der anderen, liegen. Auch die unteren Schiefer liegen, wenn wir von ihrer (nachträglichen) Faltung und Biegung absehen, wie die Blätter eines Buches übereinander. Man nennt solche parallele Überlagerung° „konkordant".° Fassen wir nun aber die Lagebeziehung der Zechsteinbänke zu den Schiefern näher ins Auge, so sehen

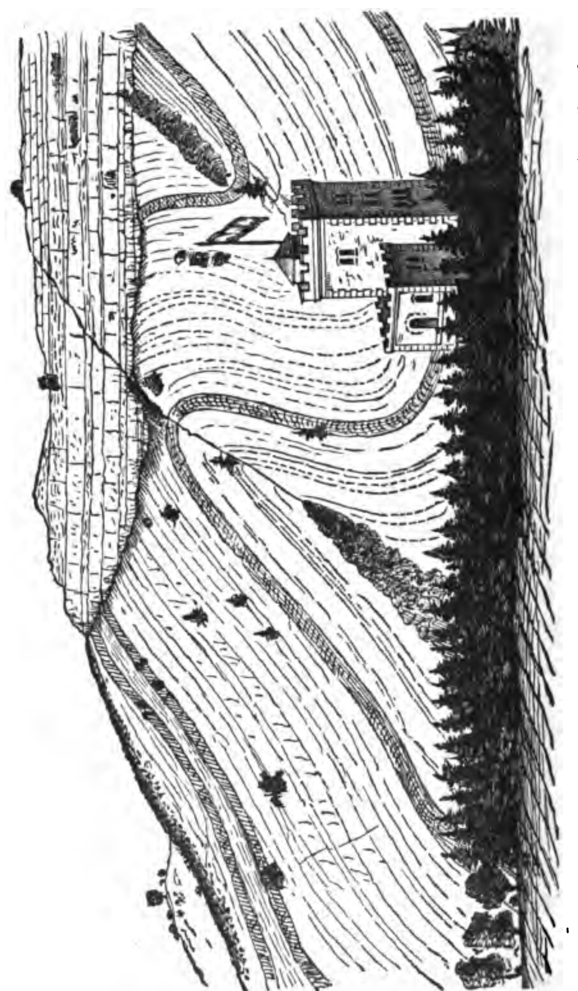


Fig. 4. Der Abhang des Bohlen bei Saalfeld. Auf gefalteten Schiefern liegen horizontale Zechsteinkalke diskordant.

wir, dass die Schichten beider Gesteine ungleichmässig° übereinander liegen, dass dieselben „diskordant“° aneinanderstossen.

Suchen wir die Entstehungsgeschichte dieses Durchschnittes (Profil) zu analysieren, so erkennen wir, dass die konkordant° übereinandergelagerten° Schieferbänke° bis zum Ende der Steinkohlenzeit° horizontal wie die Blätter eines Buches übereinander lagen. Dann wurden sie zu hohen Falten aufgeschoben. Zwar blieb die konkordante Überlagerung° einer Schieferplatte° auf der anderen unverändert, aber die Lage des ganzen Plattenstosses° wurde aus der ruhigen horizontalen Lage aufgerichtet. Damals entstand also ein Faltengebirge,° welches aus parallelen Bergketten, wie etwa der Schweizer Jura[1] von Basel[2] nach Solothurn,[3] bestand.

Das Meer drang herein und begann durch seine zerstörende Brandung diese Bergketten anzugraben. Eine Kette nach der anderen wurde von der Brandung durchgesägt — deshalb sind die oberen Bogen° (Sättel) der Falten bei Obernitz nicht mehr vorhanden. Auf diesem eingeebneten Faltengebirge schlug das Zechsteinmeer° in horizontalen Schichten seine Kalkabsätze° nieder; eine Bank von Kalksand° nach der anderen wurde konkordant° abgesetzt, aber die ganze Reihe der Zechsteinkalke° finden wir jetzt diskordant,° transgredierend° über den gefalteten und teilweise abgetragenen Schiefern.

So zeigt uns die diskordante° Überlagerung an, dass zwischen der Bildung des Kulmschiefers° und der darauffolgenden Bildung des Zechsteins° ein langer Zeitraum verstrichen sein muss, dass damals ein Gebirge entstand und bald darauf wieder abgetragen wurde, dass Festland und Meer einander

ablösten. Und wenn wir diese diskordante Überlagerung des Zechsteins auf dem Kulmschiefer durch ganz Mitteldeutschland verfolgen, so reiht sich eine Diskordanz° an die andere an zu einer fortlaufenden „Transgression° des Meeres" und die Beobachtungen eines geologischen Profils werden zum Ausdruck eines urgeschichtlichen Vorgangs, der vor vielen Jahrmillionen die Grenzen von Meer und Festland veränderte.

---

4. Die Abrasion.

Malerisch ragt die Felseninsel Helgoland[1] aus dem Meer, welche, schon längst ein Stück deutscher Erde, vor wenigen Jahren auch politisch mit Deutschland vereinigt wurde. Rot steigen senkrechte Felsen empor, ein weissglänzendes sandiges Vorland° schmiegt sich an ihren Fuss und ein grüner Teppich bedeckt ihre Oberfläche.

Indem sich unser Schiff dem Strande nähert, finden wir Gelegenheit, die Felswände zu betrachten und die Form der Insel im Zusammenhang mit dem umgebenden Meeresgrund zu studieren.

Die Grundfläche der Insel ist ein mit der Spitze nach NW gerichtetes langes Dreieck. Die dem Landungsplatz zugewandte Basis zeigt eine 60 m hohe Steilwand, bestehend aus dünnbankigen° roten Mergeln und Sandsteinschichten, zwischen denen einzelne grünliche oder hellrote Bänkchen zu bemerken sind. Verfolgen wir die Schichtenfugen,° welche die übereinander liegenden Bänke abteilen, so erkennen wir, dass dieselben von WSW nach ONO geneigt sind („ein-

fallen"), dass aber die Neigung derselben nicht durch die ganze Felswand verfolgt werden kann, sondern, oft unterbrochen, in einem andern Niveau° weitergeht; dass die Schichten durch Bruchspalten° zerstückelt und die einzelnen Stücke gegen einander verschoben sind. 5

Fig. 5 giebt in halbschematischer Weise[1] einen Durchschnitt durch Helgoland und den umgebenden Meeresgrund von SW nach NO wieder.

Wir sehen, dass vor der SWküste ein 600 m breites Vorland° flachen Wassers liegt, jenseits dessen grössere Meerestiefen gelotet werden. An derselben Küste fallen uns 10

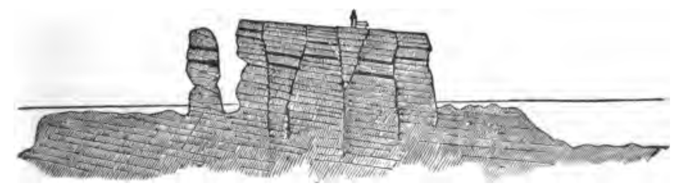


Fig. 5. Schematischer° Durchschnitt durch Helgoland.

isolierte Felspfeiler auf, welche mitten im Meere nahe der Küste stehen, während daneben tiefe Höhlen in das Gestein eingewühlt sind. Auf der gegenüberliegenden NOküste fehlen die isolierten Felsen und die Grotten, auch ist das seichte Stufenland° vor dem Strande nur 200 m breit, dann folgt eine grössere Tiefe von 12 m, jenseits deren die „Düne"[2] aus dem Meer hervortritt. 15

An einem ruhigen Tage und bei beginnender Ebbe wandern wir vom Unterland[3] aus nach Westen mit dem Entschluss, die Insel zu umkreisen. Kaum haben wir das Südhorn erreicht, jene scharf nach S gerichtete Ecke, so treten wir in eine Klippen- und Felsenwelt ein. Unersteiglich erheben sich 20

zu unserer Rechten die Felsen, Felszacken ragen aus dem ebbenden Wasser hervor, und grobe Felsblöcke liegen wild durcheinander am Ufer, sodass unser Fuss nur mühsam vorwärts schreitet.

Ein olivengrüner Vorhang von Blasentang° *(Fucus vesiculosus)* umzieht als scharf abgeschnittenes Band den Fuss der Felsen und markiert den Stand der Flut; ein Wald

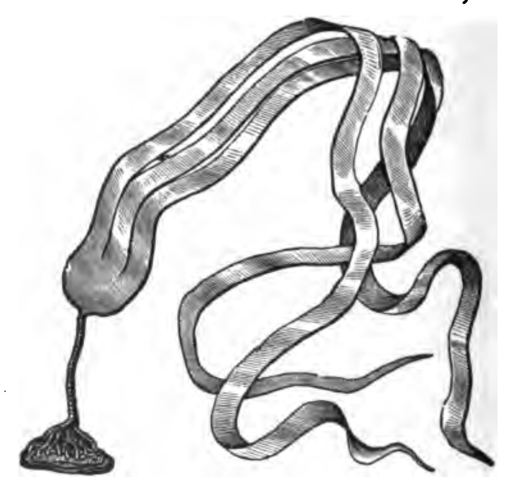


Fig. 6. Laminaria auf einem Stein aufgewachsen.

von Bändertangen° *(Laminaria digitata)* überzieht die roten Klippen soweit das flache Vorland° nach SW reicht, und hie und da ragen die dunkelgrünen, glänzenden Blätter aus dem Wasser hervor. Dort am Ufer hat der letzte Sturm einige Laminarien° ausgeworfen, die wir voll Verwunderung betrachten. S. Fig. 6.

Auf einem rundgescheuerten Felsstück klammert sich die vielfach vergabelte Wurzel fest; kleine Muscheln bemerken

wir zwischen den fingerförmigen Wurzelenden. Dann vereinigen sich diese zu einem drehrunden fingerdicken Stiel, der etwa 20–30 cm lang ist. Daran setzt sich das 10–25 cm breite und 2–3 m lange, lederartige Blatt, das in lange Streifen zerschlitzt ist.

So oft wir ein Blatt aufheben — fast immer sehen wir es aufgewachsen auf einem Felsblock, und nur selten finden wir ein Exemplar, das von der Unterlage° abgerissen wurde. Und wenn wir uns hinauswagen in das Tangmeer und versuchen eine der Laminarien auszureissen, so werden wir nur selten die Wurzel heraufbringen ohne den Steinblock, auf dem sie festgeklammert war.

So wandern wir beobachtend weiter und springen von Felsen zu Felsen, oft in Gefahr, auf dem glattgescheuerten Gestein auszugleiten und ein unfreiwilliges Bad zu nehmen. Da sehen wir vor uns den hohen Felsenturm des „Mönch“ und nicht fern davon jene grosse Grotte, welche bei der abendlichen Beleuchtung der Insel uns so wunderbare Lichteffekte gezeigt hatte. Überall, wohin wir blicken, sehen wir die Spuren der Zerstörung. Der „Mönch“ und ähnliche isolierte Türme, was sind sie anderes als die Grenzsteine einer früher grösseren Insel, die letzten Spuren einer zerstörten Küste? Jene Höhlen und Grotten, was lehren sie uns anderes, als dass das Meer mit gewaltig tobender Brandung gegen die Felsen wogte und Stein um Stein abriss? Die Blöcke, welche eben erst vom Felsenufer herabgestürzt sind, zeigen scharfe Kanten, spitze Ecken und eine rauhe Oberfläche, aber je länger sie am Strande liegen, desto glatter und runder werden sie, desto mehr werden sie verkleinert — auch an ihnen sehen wir das Resultat zerstörender Klippenbrandung.

Jetzt haben wir die Nordspitze der Insel erreicht und wandern auf der NOküste dem Unterlande[1] wieder zu. Ein ganz anderer Küstencharakter fällt uns sofort auf. Nirgends sehen wir isolierte Felspfeiler, nirgends überhängende Felstafeln und düstere Grotten, nicht ragen Felsenzähne aus dem Wasser hervor; mit Leichtigkeit wandern wir über die grossen Steintafeln hinweg, welche den ebbeentblössten Strand bilden. Auch die Laminarien treten zurück, und das stufenförmige Vorland° ist wesentlich schmäler. Wohl ist das Gestein auf beiden Ufern dasselbe, und doch finden wir eine solche Verschiedenheit im landschaftlichen Charakter?

Ein Blick auf den Durchschnitt, Fig. 5, lehrt uns die Ursache dieses Unterschiedes kennen. Die Schichten Helgolands fallen ungefähr von W nach O ein. Auf der SWküste werden die Felsbänke leicht unterwaschen und dann bricht die ganze darüber befindliche Steinmasse auf einmal herunter, und ihre Blöcke werden von der Brandung weiter zerkleinert. Auf der NOküste dagegen liegen die Schichten so übereinander, dass ein Unterwaschen kaum möglich ist, deshalb ist hier die Zerstörung durch die Brandung geringer.

Es kommt dazu, dass[2] auf der NOküste die vorliegende „Düne“ einen Teil der Wellenkraft auffängt, während die SWküste frei dem offenen Meere zugekehrt ist. Ausserdem findet hier die Brandung eine bemerkenswerte Unterstützung in ihrem Zerstörungswerk durch die Laminarien. Fest klammert sich ihre Wurzel auf den Klippen des Meeresgrundes an. Das lange Blatt wird durch jede Welle hin und her bewegt und hebelt an dem Stein, auf dem es festgewachsen ist. Langsam und ohne Unterbrechung übertragen sich alle Bewegungen des grossen

Blattes auf seine Basis, und im Laufe der Jahre wird der Stein so gelockert, dass ihn endlich ein kräftiger Sturm mit dem Blatte heraushebt und an den Strand wirft. So unterstützen die Pflanzen den Zerstörungsprozess von Helgoland.

Aber auch chemisch löst und leckt[1] das Seewasser an den Felsen. Man hat am „Hengst“ auf Helgoland Marken in die Mergel eingegraben, welche nach einigen Jahren so verwischt waren, dass man schliessen kann, es werde innerhalb eines Jahres etwa 1 cm abgetragen, und eine einfache Rechnung zeigt, dass die blosse abreibende und lösende Thätigkeit der Wellen, Helgoland in 12 000 Jahren vollkommen zerstören würde. Rechnet man hinzu die Unterwaschung, das Nachstürzen überhängender Felsen, die Thätigkeit der Laminarien u. a., so scheint es sicher, dass die kleine Insel schon viel früher der Brandung zum Opfer fallen wird.

Eine interessante Wirkung des Meeres auf die Küstengesteine beobachtet man an nordischen Küsten. Während der Flut wird ein grosser Teil der Küste vom Wasser benetzt, das rasch in alle Gesteinsspalten hineindringt. Bei der Ebbe friert das Wasser in den Spalten, und durch die hierbei erfolgende Ausdehnung zerbröckelt es die Gesteine. Durch den häufigen Wechsel dieses Vorganges werden die Küstengesteine sehr rasch und gründlich zerstört.

Auch die Tierwelt unterstützt den Zerstörungsprozess der Küstengesteine. Bohrmuscheln,° bohrende Seeigel,° Würmer und Schwämme graben sich in weiche und harte Gesteine hinein und helfen die Strandlinie vertiefen. Siehe Fig. 3.

Alle die bisher besprochenen Vorgänge, durch welche das Meer zerstörend auf die Küstengesteine einwirkt, nennt man „Abrasion“.

Wir haben gesehen, dass mechanische, chemische und organische Kräfte zusammenwirken und dass die Struktur der Küstengesteine, ihre Härte und Schichtung eine wichtige Rolle hierbei spielen und die Wirkung der Abrasion wesentlich beeinflussen.

Wie wir an allen Küsten der Erde die Wirkung der Abrasion bald still und langsam, bald stürmisch zerstörend wirken sehen, so ist die Abrasion zu allen Zeiten wirksam gewesen, und im Laufe der Erdgeschichte sind Abrasionsvorgänge in grossartigem Massstabe erfolgt. Jede Transgression° ist mit Abrasion verknüpft, jedes Vorschreiten der Brandungswelle° über einen Kontinent hinweg war begleitet von intensiven Abrasionsvorgängen.

Jede diskordante° Überlagerung° mariner Schichten ist eine versteinerte Abrasion,[1] und an vielen Punkten des festen Landes finden wir ihre versteinerten Spuren dem Felsen eingegraben. Hoch in den Kalkplateaus des Salzkammergutes[2] und unter der tropischen Sonne des südlichen Indiens sehen wir fossile Anzeichen der Abrasion, und erkennen die hervorragende Rolle, welche diese geologische Kraft zu allen Zeiten der Erdgeschichte gespielt hat.

5. Tektonische° Veränderungen der Meeresbecken.

Nachdem wir in den vorhergehenden Abschnitten eine Reihe von kleineren und grösseren Veränderungen kennen gelernt haben, welche sich innerhalb der flüssigen Wasserhülle des Erdballs vollziehen, nachdem wir gesehen haben, wie diese um die Erdkugel gelegte Wasserhaut ihre Fläche und ihre Tiefe verändert und dadurch auch das feste Felsgerüst der Erde zu verändern im stande ist, wie die Abrasionswelle über die Kontinente hinwegschreitet, wie durch Oszillationen der Stand des Meeres und der Verlauf der Küstenlinie mannigfach modifiziert wird — soll es jetzt unsere Aufgabe sein, die Bewegungen der festen Erdrinde, die sogenannten Dislokationen° zu betrachten und zu verfolgen, wie durch sie wiederum die Ausdehnung der irdischen Wasserbedeckung beeinflusst wird.

Wenn ein Apfel durch Wasserverlust eintrocknet, dann verkleinert sich sein Volumen. Die vorher straff gespannte Schale wird dem Apfelkörper zu gross, sie bedeckt sich mit Runzeln und sinkt an manchen Stellen ein.

Auch der Erdball verkleinert sein Volumen. Durch Ausstrahlung nach dem Weltenraum° verliert er beständig Wärme; das Erdinnere kühlt sich allmählich ab und schrumpft wie der vertrocknende Apfel zusammen.

Um das heisse, halbflüssige Erdinnere spannt sich die erstarrte Steinkruste der Erdrinde, und während sich ersteres gleichmässig und langsam zusammenzieht, wird die Rinde dem Erdball zu gross. Sie kann nicht mehr dem Einschrumpfungsprozess gleichmässig folgen, dafür ist sie schon zu spröde, dennoch können zwischen Rinde und Erdkern°

keine offenen Lücken bleiben. Infolge davon sinken einzelne Erdschollen° zur Tiefe und folgen der Schwerkraft, indem sie dem einsinkenden Erdkern nachgeben.

Schon lange ist es her, dass dieser Vorgang begann, und als die ersten und grössten Veränderungen der Erdoberfläche müssen wir die Bildung der grossen Meeresbecken betrachten.

Es will uns wunderbar und kaum glaubhaft erscheinen, dass ein Teil der Erdrinde 5000 m tief hinabsinken soll, während andere Rindenteile stehen bleiben, aber wenn wir uns das 6000 m tiefe Becken des Pazifik ursprünglich in demselben Niveau° denken mit dem 2000 m hohen Tafelland von Arizona, so würde das auf einem 1720 mm hohen Globus eine Verschiebung von etwas über einen Millimeter betragen.

Das Ungeheuerliche verschwindet, das Unglaubliche wird uns verständlich, wenn wir es im richtigen Verhältnis aller Umstände betrachten.

Die Kontinente, deren sockelartige° Umrisse durch die Kontinentallinie gegeben sind, stellen also die auf dem früher gleichmässigen Niveau der Erdrinde stehen gebliebenen Rindenstücke dar, während der Boden der Ozeane von denjenigen Erdschollen° gebildet wird, welche, dem Einschrumpfungsprozess des Erdinnern folgend, in die Tiefe gesunken sind. Man nennt jene stehen bleibenden Teile „Horste“.°

Während vorher ein gleichmässig flacher, nur 2000 m tiefer kontinuierlicher Ozean die ganze Erdkugel umspannte, sammelte sich infolge jener Schollenbewegung das Meer über den einsinkenden Rindenstücken zu grösserer Tiefe und floss von

den vorher überspülten, stehenbleibenden Horsten der Kontinente ab — der Gegensatz zwischen Ozeanbecken und Kontinent, aber zugleich auch der Gegensatz zwischen Meer und Festland, war damit gegeben.

In dem Pazifik müssen wir eines jener Urmeere erblicken, 5 die so alt sind, wie der Gegensatz von Kontinent und Ozean, die zurückreichen in eine Zeit, welche nur von dem schwachen Schimmer der Hypothese erreicht werden kann.

Ehe wir aber die Geschicke anderer Ozeane betrachten, müssen wir noch einer zweiten Folge des Einschrumpfens der 10 Erde gedenken.

Wir sahen an dem eintrocknenden Apfel, dass nicht nur einzelne Teile einsinken, sondern dass zugleich die Oberfläche der Schale sich runzelt. Die Schale wird dem Apfel zu weit, und da sie sich nicht ablösen kann, so legt sie sich 15 in kleinere und grössere Falten.

Auch die Erdrinde runzelt sich — uns kleinen Menschen freilich kommen diese Runzeln sehr bedeutend vor, und wenn wir den 8000 m hohen Gipfel des Kantschindschinka[1] von Dardschiling[2] aus vor uns sehen, und seine unerstiegenen 20 eisigen Höhen im Purpur der scheidenden Sonne glänzen, da will uns das majestätische Gebirge unermesslich hoch erscheinen — und doch würden wir es auf einem Globus von 1720 mm kaum modellieren können. Und unsere deutschen Mittelgebirge,[3] die kleinen Runzeln, die wir Harz, Thüringer- 25 wald und Riesengebirge nennen, sie würden wir überhaupt nicht erkennen.

So äussert sich das Einschrumpfen der Erde in zweierlei Weise, r a d i a l° brechen grosse Schollen in die Tiefe,[4] t a n g e n t i a l° türmen sich Faltengebirge° auf. 30

Erst in dem letzten Jahrzehnt haben sich diese Anschauungen Bahn gebrochen und die frühere „Hebungstheorie“ ° ersetzt.

Es kann nicht unsere Aufgabe sein, hier auf alle Seiten und die noch offenen Probleme der neuen Gebirgsbildungstheorie einzugehen; der wesentliche Vorzug derselben liegt jedenfalls darin, dass man nicht mehr vulkanische, mystische Hebungskräfte anzunehmen hat, sondern dass nur die wohl bekannte Schwerkraft als Ursache der Senkung und die astronomisch wahrscheinliche Volumverringerung des Erdkernes als Ursache der Gebirgsfaltung vorausgesetzt wird — dann ergeben sich ungezwungen alle Folgen. Der Gebirgsbildungsvorgang erscheint uns jetzt als ein Symptom des Alters der Erde, als ein kosmischer Vorgang, welcher unaufhaltsam die Oberfläche der Erde zertrümmert.

Erdbeben sind die Begleiterscheinung des Einsinkens, und wenn wir hören, dass dieselben vornehmlich an den Rändern der Meeresbecken (Lissabon, Neapel), oder an den Rändern der Faltengebirge auftreten, so ist uns solches nicht mehr wunderbar.

Nicht immer sind die radial ° einsinkenden Erdschollen ° von rundlichem Umriss wie diejenigen, welche die ältesten Ozeanbecken gebildet haben, sondern auch lange, schmale Streifen sinken in die Tiefe. Bis zur Tertiärzeit ° war Arabien mit Afrika eng verbunden; da löste sich eine lange Erdscholle los und sank langsam 2000 m tief hinab. Vulkane brachen auf den Bruchspalten ° hervor, dann wurde es ruhig und vom Indischen Ozean drang die See in den neugebildeten „Graben“ herein und bildete das Rote Meer, indem es Besitz ergriff von einem Gebiet, das vorher dem Festlande angehörte.

Zu derselben Zeit lag die Ostküste des Mittelmeeres ° in der Nähe von Kreta,° und das syrische Festland reichte weit nach Westen. Auch hier begannen radiale Bewegungen im Felsgerüst der Erde und jene östliche Bucht des Mittelmeeres zwischen Kleinasien,° Palästina ° und Ägypten bildete sich, so dass jetzt die Fluten des Atlantischen Ozeans und des Indischen Ozeans sich am Isthmus von Sues beinahe berührten, und seit der Bildung des Schiffahrtkanals ihre Wogen wirklich mit einander mischen.

Bedeutungsvoll sind die Folgen solcher Einbrüche.° Das Wasser, welches in das neugebildete Becken hineindringt, entblösst dafür an anderen Küsten seinen Strand, die Verteilung der anziehenden Kräfte hat sich geändert und oszillatorische Bewegungen des Meeresspiegels erfolgen an weitentlegenen Ufern. Ein Gebiet, das vorher von Landtieren und Landpflanzen bewohnt war, wird dem Reiche Poseidons[1] zugefügt, und die Geschöpfe des Meeres suchen sich ihre Wohnplätze, wo vorher Herden weideten. Die Ortsveränderung der Faunen und Floren wirkt auf diese selbst umgestaltend ein, neue Existenzbedingungen erzeugen neue Formen des Kampfes ums Dasein und neue Arten. Und alle diese Erscheinungen sind die Folgen eines Vorganges, dessen mechanische Formveränderung auf einem Globus von Manneshöhe dem sorgfältigsten Beobachter als eine kaum merkliche Verschiebung zweier Rindenstücke der Erde erscheinen würde.

6. Treibeis und Eisberge.

Kühn steuert das norwegische Segelboot bei Beginn des sommerlichen Polartages hinein in die Fluten des Eismeeres, um die grossen Säugetiere des Meeres, die Wale, Walrosse und Robben, zu erlegen. Wenige Tage nur hat es sich von der heimatlichen Küste entfernt, da dämmert im Nordwesten ein seltsam glänzender Lichtschein am Horizont auf, und freudig begrüsst der Seemann den „Eisblink“,° jenen blendenden Widerschein der gewaltigen polaren Eisdecke am bewölkten Himmel.

Schon treiben die ersten grünlichen Treibeisschollen an dem Schifflein vorbei, am fernen Horizont taucht der blaue Umriss eines Eisberges auf, und bald kreuzt das Schiff, in geschicktem Kurs nach rechts und links ausbiegend, durch das eiserfüllte Meer.

Meeresströmungen schleppen die Eisstücke weit herab nach Süden, die kleineren Treibeisschollen zerschmelzen rasch, und nur die grossen Eisberge setzen langsam ihren Weg fort, bis auch sie endlich von den Strahlen der Sonne und den wärmeren Fluten eines südlichen Meeres geschmolzen werden.

Treibeis und Eisberge sind aber nicht nur ihrer Grösse nach verschieden, sondern sie haben eine grundverschiedene Entstehung, und unsere Aufgabe soll es sein, derselben nachzugehen.

Wenn unbewegtes Seewasser unter — 3.1° C., bewegtes Wasser unter — 2.5° C. abgekühlt wird, so gefriert es. Im Moment des Gefrierens scheidet sich das Salz aus, und das eben gefrierende Seewasser besteht aus einem dick-

flüssigen Eisbrei, vermischt mit der ausgeschiedenen Salzsole.°

Die Temperatur sinkt noch mehr, die einzelnen Eiskrystalle frieren zu einer schwammigen Eisdecke zusammen, in deren Blasen die Salzsole enthalten ist. Indem die Eisdecke dicker wird, setzen sich neue Schichten von Eiskrystallen nach unten an dieselbe an, während sich der Salzgehalt der obersten Wasserschichten allmählich vergrössert.

Im Laufe eines Winters kann sich so eine Eisdecke von 1–2.5 m bilden.

Das Frühjahr kommt, und mit der erhöhten Temperatur stellen sich heftige Stürme ein. Das weit ausgedehnte, schneebedeckte Eisfeld wird zerbrochen, wild branden die Wogen und zerkleinern die Eisschollen.

Strömungen und Winde tragen die Schollen ins Meer hinaus, wo sie als Treibeis dem Schiff begegnen. Das an der Küste bleibende Eis friert bei Beginn des nächsten Winters wieder zusammen. Hoch sind die Eisbänke am Ufer aufgetürmt und nach unten vergrössert sich unaufhaltsam ihre Dicke. Auf diese Weise bildet sich das „Packeis“ der Polarreisenden, welches einen oft undurchdringlichen Gürtel um die Länder des Eismeeres bildet.

So ändert sich unaufhaltsam jahraus jahrein die Oberfläche, die Dicke und die Ausdehnung der Eisfelder; und wenn nicht jeden Sommer grosse Massen von Treibeis auf den Wogen des Meeres nach südlichen Regionen verfrachtet würden, um dort zu schmelzen, so müsste die Eisdecke des Polarmeeres in steter Vergrösserung begriffen sein.

Im Smithsund[1] wurde ein altes Eisfeld beobachtet von etwa 50 m Dicke, 10 km Länge und 6 km Breite.

antarktischen Gebiet ist die Entwicklung der Treibeisfelder geringer als auf der nördlichen Halbkugel.

Eine der augenfälligsten Folgen der Treibeisbildung ist der Mangel einer eigentlichen Strandfauna und -Flora an 5 den Küsten. Während in den Meeren der gemässigten Zone und besonders in denen der Tropenländer die Strandlinie markiert wird durch eine ungemein reiche Welt festsitzender° und wenig beweglicher Organismen, fehlen diese der Elementengrenze° des Eismeeres, denn die Bil- 10 dung dicker Eisdecken am Strande, das Scheuern und Schleifen der sturmgepeitschten Eisstücke tötet alles Leben.

Während wir in den Schollen des Treibeises, in den Feldern des Packeises gefrorenes Meerwasser zu erblicken haben, müssen wir den Ursprung der Eisberge in einer 15 ganz andern Quelle suchen.

Der Schnee, welcher während des Winters in Deutschland fällt, wird während des Frühlings geschmolzen. An den höheren Gehängen des Alpengebirges dagegen bleibt der winterliche Schnee auch im Sommer liegen, und da 20 dort während des Jahres mehr Schnee fällt, als die Sonne zu schmelzen vermag, so bleibt von jedem Jahr ein ungeschmolzener Rest Winterschnee übrig, der sich allmählich zu gewaltigen Massen anhäuft. Der Druck der auf einander lastenden Schneemassen bewirkt ein Zusammenpressen 25 derselben und verwandelt den weissen körnigen Schnee nach und nach in kompaktes, blaues Eis, welches unter dem Schneefeld als Gletscherstrom herausfliesst und als Gletscher langsam thalabwärts wandernd endlich in solche Tiefen gelangt, wo die abschmelzende Kraft der Sonne seinem 30 Weitervorrücken ein Ende setzt.

Im Innern von Grönland und anderen Polarländern schneit es das ganze Jahr, und die fallenden Schneemassen, die sich allmählich zu Eis verdichten, verhüllen die ganze Oberfläche der arktischen Festländer. Im Gegensatz zu den schmalen und kleinen Gletschern der Hochgebirge nennt man diese gewaltigen Eisdecken „Inlandeis“ oder „Binneneis“,° und der kühne Zug Nansens hat gezeigt, dass Grönland eine 3000 m hohe Eisdecke trägt. Nach allen Seiten gleitet das Inlandeis zum Rande des Landes hinab und erreicht endlich als Polargletscherzunge das Meer.

Während das Innere von Grönland nirgends eine Felsspitze aus dem Binneneis hervortauchen lässt, sieht man durch die dünnere Eisdecke der Westküste einzelne Felsenklippen aus dem Eise hervorragen, die sogenannten Nunatacker.°

Das Eis alpiner Gletscher fliesst mit einer Geschwindigkeit von 0.1–0.4 m pro Tag thalabwärts, dagegen hat man an grönländischen Gletschern Geschwindigkeiten von 22 m in einem Tage gemessen.

Diese mächtigen Gletscher fliessen also mit so grosser Schnelligkeit in das Meer hinein, dass schon nach zehn Tagen ein 220 m langes Eisstück frei ins Meerwasser hineinragt (Fig. 7). Das Eis ist viel leichter als Salzwasser, infolgedessen ist der Auftrieb° dieser Gletscherzunge ein so grosser, dass dieselbe endlich abbricht und als isoliertes Stück in das Meer hineintreibt; der Gletscher „kalbt“,[1] ein E i s b e r g ist entstanden. So lösen sich grosse und kleine Stücke von Gletschern ab, und eine Schilderung von Loomis vom Muirgletscher in Aljaska lehrt uns die Mannigfaltigkeit der Eisbergbildung kennen:

„Eisblöcke von enormer Grösse fallen vom Stirnrand° des Gletschers in Zwischenpausen von fünf Minuten oder über einer Stunde in die Tiefe. An einem Tage brachen 129 einzelne Stücke vom Gletscherrande ab. Bisweilen bricht ein fallender Block in tausend Stücke, und diese ergiessen sich wie ein Wasserfall ins Meer, das kochend aufschäumt; dann bricht wieder ein Eisberg unzerstückelt ab, sinkt in aufrechter Stellung in das Wasser und erzeugt einen donnernden Lärm. Elegant steigt er wieder aus dem Wasser empor bisweilen 80 m hoch, und von seinen Wänden rinnen Wasserbäche

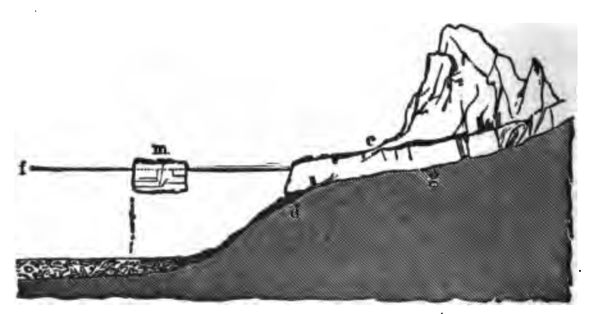


Fig. 7. Bildung eines Eisberges. *c* **Gletscherzunge.** *d* **Grundmoräne.** *m* **Eisberg.** *f g* **Meeresspiegel.**

herab; dann neigt er sich zur Seite und stürzt abermals mit Krachen und Donnern ins Wasser, das wie ein Schwarm platzender Raketen nach allen Seiten schäumend auseinanderspritzt. Während der Eisberg in dem schollenbedeckten Meere wie ein fabelhaftes Ungeheuer auf- und niedertaucht, hallen rings die Felsen vom donnernden Geräusch des Falles wider.“

Der Eisberg taucht zu einem Siebentel seiner Masse aus dem Wasser hervor, ein Eisberg von 70 m Höhe ist also in Wirklichkeit ein Eisblock von 500 m Dicke.

Zugleich mit dem Scholleneis° des Meeres werden die Eisberge durch Strömungen dem offenen Ozean zugetrieben, und die Grenze, bis zu welcher Eisberge regelmässig gelangen, nennt man die Treibeisgrenze.

Oftmals tragen die Gletscher des Binneneises° Sand und Steine eingefroren im Eis dem Meere zu (Fig. 7), und in einigen Fällen hat man auch auf offener See noch Sand und Blöcke auf treibenden Eisbergen beobachtet. Da viele Eisberge an den Neufundlandbänken schmelzen, so hat man geradezu die Bildung dieser fischreichen Untiefe auf den von schmelzenden Eisbergen dort abgesetzten Schutt zurückgeführt. Allein eine sorgfältige Untersuchung der Gesteine dieser Bänke hat ergeben, dass dieselben nicht von Grönland stammen, sondern durch die Zerstörung anstehender Felsklippen gebildet worden sind.

Die durch Eisberge verfrachteten sogenannten „Driftblöcke"° haben lange Zeit in der Geologie eine grosse Rolle gespielt, indem man, wie Scheffels launiges Gedicht[1] erzählt, die Entstehung der erratischen Blöcke, welche die norddeutsche Tiefebene bedecken, auf schwimmende Eisschollen zurückführte. Von skandinavischen Gletschern sollten[2] die Eisberge abgebrochen sein, um, über ein ganz Norddeutschland überflutendes Meer herübergetragen, mit ihren Blöcken endlich in Sachsen zu landen.

Sorgfältige Untersuchungen haben jedoch die Unrichtigkeit jener Hypothese dargethan, und wenn[3] es auch immerhin möglich ist, dass manche Blöcke durch Eisberge transportiert worden sind, so ist doch die grössere Masse des erratischen Gesteinsmaterials durch grosse Gletscher oder vielmehr durch eine Binneneisdecke, welche von Skandinavien bis nach Nord-

deutschland reichte und die Ostsee° überbrückte, herübergetragen worden.

Und wenn so die alte Hypothese von dem auf einem Eisberg gedrifteten, erratischen Block ihrer wissenschaftlichen
5 Begründung entbehrt, so ist doch das Phänomen der Eisbergbildung eine Erscheinung, welche unser Interesse erregen darf und welche uns zeigt, wie mannigfaltig die Beziehungen zwischen Meer und Festland genannt werden müssen.

7. Die Farbe des Meeres.

Purpurn nannten die Griechen das Meer, und wir Modernen
10 mit unserer reich entwickelten Farbenskala wenden hundert verschiedene Worte an, um jenes berückende Farbenspiel zu schildern, das unsern Blick an das Meer immer und immer wieder fesselt. Von den düsteren Wogen Achenbachs[1] bis zu dem farbensatten leuchtenden Wellenspiel Böcklins[2] wird
15 jedes Künstlerauge die Farbenpracht der Wellen in einem neuen Lichte sehen; und wem es vergönnt ist, an den stürmischen Gestaden nordischer Meere oder an den malerischen Ufern eines südlichen Ozeans zu weilen und vom frühen Morgenschein bis zu dem nächtlichen Schatten des Abends
20 dem Spiel der Wellen zuzuschauen und sich in die Schönheiten ihres Farbenwechsels zu versenken, der wird doch täglich neue Wunder entdecken.

Dem Prisma gleich, welches das weisse Sonnenlicht in seine sieben Farben zerlegt, wirkt auch das Wasser trennend auf die
25 verschiedenen Farben ein und lässt die einen unverändert hindurch, während es andere absorbiert.

Lässt man Tageslicht durch eine Wassersäule von 180 cm Länge hindurchtreten, so wird dasselbe folgendermassen beeinflusst:

Farbe		Durchgelassene Prozente
Rot . . .	ungefähr:	. . . 50%
Orange . .	„	. . . 60%
Gelb . . .	„	. . . 80%
Grün . . .	„	. . . 90%
Indigo . .	„	. . . 95%

Es werden also schon in zwei Meter Tiefe die Hälfte aller roten Strahlen ausgelöscht, und ein Drittel aller orangegelben Strahlen; mit anderen Worten, das weisse Tageslicht ist in zwei Meter Tiefe schon vorherrschend grün und blau geworden.

Das Wasser löscht zwar, so lange die Tiefe nicht sehr gross wird, keine Farbe ganz aus, allein es ändert sehr rasch die Qualität des eindringenden Lichtes in der Weise, dass die grünen und blauen Farben überwiegen, während nur geringe Mengen weisses Licht noch vorhanden sind. In 100 m Tiefe erlöschen die letzten weissen Lichtstrahlen, und das Wasser erhält nur noch sehr lichtschwache, blaue Strahlen.

Das ruhige Meer reflektiert fast unverändert die meisten Lichtstrahlen, die es empfängt, und wenn wir bei Sonnenuntergang den Purpurglanz des westlichen Himmels sich spiegeln sehen im glatten Meer, dann scheint es wie Feuer zu glühen und wie flüssiges Gold wogt es langsam auf und nieder. Wenn aber graue Gewitterwolken sich drohend auftürmen, wenn der ganze Himmel mit Neutraltinte gemalt zu sein scheint und grelle Blitze aus unheimlichen Wolkenmassen hervorleuchten, dann kleidet sich auch Poseidon[1] in das dunkle

Gewand des Donnergottes; mit schwarzgrünen Wogen erregt er das Meer, und weissen Möwen gleich flattern darauf die blinkenden Wellenkämme, welche die sich überstürzende° Woge nur um so dunkler erscheinen lassen.

Je bewegter das Meer ist, je weniger Lichtstrahlen vom Wasserspiegel reflektiert werden, je mehr Lichtstrahlen in die aufsteigenden Wellen hineindringen, um gefärbt aus dem Wasser hervor in unser Auge zu gelangen, desto dunkler erscheint uns der Ozean.

Salzhaltiges Wasser erscheint blau, deshalb ist das Meer an den italienischen Küsten oder im Roten Meer so intensiv blau gefärbt; eine Eigenschaft, die man an den Küsten des salzärmeren Indischen Ozeans vergeblich sucht.

Helle Stellen des Meeresgrundes, welche stets etwas gelbes Licht haben, schimmern grün durch das blaue Wasser hervor. Blickt man von einem Hügel am Ufer der Sinaihalbinsel° auf die dunkelblaue Wasserfläche, so sieht man ein auffallend maigrünes Band von wechselnder Breite der Küste parallel verlaufen. Hier ist es kontinuierlich, dort löst es sich in einzelne grüne Flecke auf und oft säumt ein Kranz blendend weisser Brandungswellen die grünen Gebiete. Es sind Korallenriffe, deren weisse Sandflächen und grüne Korallenkolonien so scharf abgezeichnet hervortreten.

Eine wichtige Rolle in der Färbung des Meeres spielen Schlammteilchen, welche durch Flüsse hineingeschwemmt oder beim Sturm durch die Brandung aufgewühlt worden sind. Die seichten Flächen der Kontinentalstufe° und die Küstenregionen sind besonders durch solches missfarbiges Wasser ausgezeichnet. Auf der Fahrt von Bremen nach Amerika treten wir aus den trüben Gewässern der Wesermündung in

den Kanal hinein, dessen Wasser nur bei ganz ruhigem Wetter unser Auge erfreuen kann, und weit jenseits der englischen Küste begleitet uns noch das grünlich verfärbte Wasser eines flachen Meeresgrundes.

Dann fahren wir hinaus in die Regionen des tieferen Ozeanbeckens und bald zeigt uns das Thermometer, dass wir uns in einem Arm des Golfstromes befinden. Wie leuchtet das blaue, krystallhelle Wasser, wie klar, wie deutlich sehen wir die durchsichtigen Medusen° und Salpen,° und wie erfreuen unser Auge die goldenen Sträusschen des Golfkrautes.° Doch nach wenigen Tagen kommen wir in das Gebiet der Neufundlandbänke, und alle Pracht ist verschwunden; kalt bläst uns der Nebelwind ins Antlitz und kalt erscheint die nüchterne Farbe des Wassers.

Noch einmal wandelt sich die Wasserfarbe, indem wir uns der neuen Welt nähern, aber wieder sind es die schlammigen Fluten des Küstenwassers, die uns zwar baldige Landung verheissen, aber unser Auge nicht zu erfreuen vermögen.

Das Gelbe Meer hat seinen Namen von den Lehmfluten, welche der Hoang-Ho aus den Lössgebieten[1] Chinas heraussträgt. Das Meer an der Mündung des Congo oder des Amazonas ist rotbraun von dem rötlichen Lateritschlamm,[2] welchen diese Flüsse des Tropenlandes dem Meere zuführen.

Ganz ähnlich farbeverändernd wirken kleine schwimmende Organismen. Am Roten Meer beobachtet man bisweilen weite Strecken, welche ganz von den mikroskopischen Flocken einer roten Alge erfüllt erscheinen, und die Annahme ist naheliegend, dass der Name jenes Meeres

damit zusammenhängt. An den Küsten Schottlands sehen wir das Wasser soweit dunkelgrün verfärbt, als man mikroskopische Algen (Diatomeen°) schwebend darin findet. Der gelbe Farbstoff dieser Algen bewirkt die grüne Färbung des Meerwassers.

So giebt es eine wunderbare Fülle verschiedenartiger Ursachen, welche die Farbe des Meeres beeinflussen, und wenn man bedenkt, wie Sonnenlicht, Bewölkung, Wassertiefe, Wasserbewegung, Salzgehalt,° trübende Schlammteilchen, schwimmende Organismen in einer geradezu staunenswerten Mannigfaltigkeit zusammentreffen, da darf es uns nicht Wunder nehmen, wenn die Farbe des Meeres uns täglich anders erscheint; wenn, rein objektiv genommen, die Farbe täglich anders ist. Denn auch subjektive Gründe spielen eine Rolle in der Färbung des Meeres, und der psychologische Kontrast von Wasser und Land, von Vegetation oder Felsenfarbe darf nicht unbeachtet bleiben.

Wie schön erscheint uns das Wasser des Kurischen Haffs,[1] wenn wir auf der Fahrt nach Memel[2] an dem 60 m hohen gelben Sandgebirge der Nehrung[3] entlang fahren, wie wirkungsvoll heben[4] sich die kleinen Kiefernwälder von dem rötlichgelben Hintergrunde ab und wie verklärt der leuchtende Dünenwall das trübe Wasser des Haffs.

Bei Abu Senime am Roten Meer treten vegetationslose, blendendweisse Kreidefelsen hart an die Salzflut heran. Eine glühende Wüstensonne brennt auf die steilen Kreidewände herab und strahlt solche Lichtmengen zurück, dass das daneben wogende Meer schwarzblau erscheint und jedes naturwahre Bild dieses fabelhaften Farbenkontrastes dem Beschauer unnatürlich erscheinen muss.

Und so wird das Meer uns immer neue Schönheiten bieten, immer wieder werden wir uns erfreuen an der Mannigfaltigkeit der Farbe, dem Wechsel der Beleuchtung, und für alle kommenden Zeiten wird kein Sterblicher die Fülle der Erscheinungen erschöpfen können.

---

8. Der Salzgehalt.

Im Seewasser sind eine grosse Anzahl chemischer Stoffe gelöst enthalten, unter denen Kochsalz (Chlornatrium°) den ersten Rang einnimmt; dieser chemische Gehalt bedingt den salzigen Geschmack des Seewassers.

Um Seewasser aus grossen Tiefen heraufzuholen, hat man Messinggefässe konstruiert, welche sich in einer bestimmten Tiefe öffnen. Dagegen benutzt man in geringeren Tiefen die „Kieler Schöpfflasche".° Dieselbe besteht aus einer Glasflasche, welche an der Lotleine oberhalb des Gewichtes befestigt ist (s. Fig. 8). Man verschliesst sie locker mit einem Pfropfen, der durch eine Schleife mit der Lotleine verbunden ist, und lässt sie in die gewünschte Tiefe hinab. Dann ruckt man rasch an der Leine, der Pfropfen fliegt heraus und die Flasche füllt sich sofort.

Fig. 8. Schöpfflasche für Seewasserproben.

Obwohl man viele hunderte von Seewasseranalysen gemacht hat, so ist die chemische Gruppierung der Bestandteile doch bisher noch unvollkommen auf-

geklärt. Man weiss zwar sehr genau, welche Stoffe im Wasser enthalten sind, und in welchen Mengen sie vorkommen, allein noch immer ist das Problem ungelöst, die Konstitution der Salze im Meere zu ergründen.

Man hat bisher etwa 32 Elemente im Meere direkt oder indirekt nachweisen können, unter denen das Chlor° wohl eine der ersten Stellen einnimmt.

Man nimmt an, dass die wichtigsten Bestandteile sich folgendermassen verbunden im Wasser des Ozeans finden:

In 1000 Teilen Seewasser sind enthalten:

Kochsalz (Chlornatrium°) .	26.8	Teile	oder	78.3%
Chlormagnesium°	3.2	„	„	9.4%
Bittersalz (Magnesiumsulfat°)	2.2	„	„	6.4%
Gips° (Kalksulfat°) . . .	1.3	„	„	3.9%
Chlorkalium°	0.5	„	„	1.6%

des ganzen Salzgehaltes.

Von anderen Elementen hat man geringe Spuren von Arsenik, Lithium,° Cäsium,° Rubidium,° Gold mit Hilfe der Spektralanalyse nachgewiesen,

Jod,° Bor,° Fluor,° Silicum,° Silber, Kupfer, Blei, Zink, Kobalt, Nickel, Eisen, Mangan,° Barium,° Kalium° in den Skeletten von Meeresorganismen gefunden,

Brom,° Calcium, Aluminium, Strontium° im Kesselstein° von Ozeandampfern entdeckt.

Der Kupferbeschlag von Schiffen, welche längere Seereisen gemacht haben, enthält Silber. Brom und Jod kommen in den Seetangen° in solchen Mengen vor, dass man beide Elemente aus deren Asche leicht herstellen kann.

Während der Salzgehalt des Meeres, wie wir noch zu zeigen haben, sehr grossen Schwankungen unterworfen ist,

haben Analysen aus allen Teilen der Ozeane die seltsame Thatsache ergeben, dass das Verhältnis der Hauptbestandteile im Seewasser überall dasselbe ist. Mag der Salzgehalt ein oder vier Prozent betragen, immer wird man in dem Gesamtgehalt an chemischen Stoffen die gleichen Prozente 5 von Chlor oder Magnesium nachweisen können. Wenn man bedenkt, wie sehr durch einfliessende Ströme die Zufuhr chemischer Stoffe verändert wird, so erscheint diese Thatsache besonders bemerkenswert und lässt der Vermutung Raum, dass bestimmte chemische Gesetze die Gruppierung 10 der Salzbestandteile beherrschen und dass die Salze des Seewassers als Chlorverbindung höherer Ordnung betrachtet werden können.

Um den Salzgehalt des Seewassers zu bestimmen, kann man dasselbe eindampfen und den Verdampfungsrückstand 15 wiegen; einfacher aber kann man diese Bestimmung ausführen, wenn man mit Hilfe des Aräometers° die Dichte des Wassers bestimmt. Je salzhaltiger das Wasser ist, desto grösser ist sein spezifisches Gewicht, und durch eine einfache Rechnung kann man einen Wert aus dem andern 20 herleiten.

Die grossen Ozeane haben einen durchschnittlichen Salzgehalt von 3.5%. Nach der Küste zu verringert sich dieser Wert wegen der dort mündenden Flüsse, nach den zentralen Gebieten steigert er sich wegen der überwiegen- 25 den Verdunstung.

Aus der grossen Zahl von Problemen, welche mit dem Salzgehalt des Seewassers verknüpft sind, können wir nur einige herausgreifen, um die Wichtigkeit der Erscheinungen in das rechte Licht zu setzen. 30

Im Seewasser finden sich grosse Mengen von Gips° (1.5%) gelöst, dagegen nur ganz geringe Spuren von Kalk (0.06%), trotzdem dass die Flüsse dem Meer grosse Mengen von Kalk und sehr wenig Gips zuführen. Durch die Thätigkeit kalkabscheidender Tiere und Pflanzen werden ganze Berge von Kalk gebildet und dem Seewasser entzogen, während nur an wenigen Stellen der Küste durch Eindampfen von Seewasser Gipslager ausgeschieden werden. Untersucht man den Salzgehalt des Seewassers an der Mündung eines Flusses, so ist dort keineswegs der Kalkgehalt grösser, und so scheint es, dass der durch Flüsse eingeführte Kalk im Meere den seltsamsten Wandlungen unterworfen ist, vielleicht zu Gips umgewandelt wird, bis ihn die Organismen als Kalk wieder ausscheiden.

Der Salzgehalt des Seewassers ist von direktem Einfluss auf das Leben der marinen Tiere und Pflanzen. Gerade so wie es wenige Tiere giebt, welche ohne Schaden grosse und rasche Temperaturwechsel ertragen können, sind es auch nur wenige Tiere, denen ein veränderter Salzgehalt nicht nachteilig ist. Die bekanntesten Beispiele hierfür bieten die Fische, welche vielfach regelmässige Wanderungen von der See nach dem Oberlauf der Flüsse unternehmen, um dort zu laichen.

Lachs, Aal, Scholle° und Stichling° können eben so gut im süssen wie im salzigen Wasser gedeihen. Gewisse Austern leben in halbsüssem, Krokodile in halbsalzigem Wasser, und eine ganze Zahl niederer Tiere, Krebse°, Würmer und Schnekken, haben sich so an den Aufenthalt im Brackwasser gewöhnt, dass sie ohne Schaden höhere und geringere Prozente des Salzgehaltes vertragen.

Manche Muscheln und Schnecken können durch allmähliches Umtauschen an den Aufenthalt im Süss- resp. Salzwasser gewöhnt werden, während sie einem raschen Wechsel des Salzgehaltes sofort unterliegen; viele derselben werden aber dabei schwächlich, bilden dünnere, kleinere Schalen und erreichen nicht mehr ihre normale Wachstumsgrösse, wie man an den Ostseearten leicht beobachten kann.

Zum Salzgehalt des Meeres können wir mit einem gewissen Recht auch den Luftgehalt rechnen, dessen biologische Bedeutung eine besonders wichtige ist.

Wenn man mit dem Dampfer auf der Elbe nach Helgoland[1] oder aus der Weser nach der Nordsee hinausfährt und das Geräusch der Schiffsschraube im Wasser sorgfältig beobachtet, so wird man finden, dass das plätschernde Geräusch beim Eintritt in die See begleitet wird von einem prickelnden Ton, wie ihn[2] schäumende, kohlensäurehaltige Getränke beobachten lassen. Untersucht man den Luftgehalt des Seewassers chemisch, so ist die darin enthaltene grosse Menge von Kohlensäure° bemerkenswert und jenes Geräusch findet darin seine Erklärung. Im Nordseewasser sind 5% Kohlensäure enthalten. Inwiefern diese Kohlensäure frei oder chemisch gebunden im Wasser enthalten ist, das ist eine noch nicht vollständig aufgeklärte Frage. In wärmeren Meeren ist der Kohlensäuregehalt geringer als in kälteren Gebieten, dagegen findet nach der Tiefe zu keine Zunahme der Kohlensäure statt.

Während die Kohlensäure im Meerwasser für die Pflanzenwelt des Ozeans eine hohe physiologische Bedeutung besitzt, ist der Sauerstoffgehalt von ähnlicher Wichtigkeit für die marine Fauna. Wenn man durch Schütteln von

Seewasser Luft in demselben löst, so ergiebt sich die bemerkenswerte Thatsache, dass dasselbe mehr Sauerstoff° und weniger Stickstoff° zu absorbieren vermag, als das Verhältnis dieser beiden Gase in der atmosphärischen Luft beträgt.

Die Luft enthält 21% Sauerstoff und 79% Stickstoff, im Seewasser aber fand man 35% Sauerstoff und 65% Stickstoff. Zugleich beobachtete man, dass mit zunehmender Temperatur auch der Sauerstoffgehalt zunimmt.

Der Sauerstoffgehalt tieferer Wasserschichten zeigt merkwürdige Abweichungen. Im Atlantik beobachtete Buchanan:

Tiefe	Sauerstoffgehalt.
0 m	33.7%
400 m	23.4%
550 m	11.4%
800 m	15.5%
1600 m	22.6%
1800 m	23.4%

Als Ursache dieser Sauerstoffabnahme zwischen 500 und 800 m betrachtet Buchanan das dort herrschende reichere Tierleben, dennoch ist ein endgültiger Beweis für diese Annahme bisher nicht erbracht, und es ist vielleicht die Wasserzirkulation vom Antarktischen Eismeer nach dem Äquator die Ursache dieser Erscheinung.

ve durch,

9. Die Organismen de

Tiere end. m-

Ein blauer italienischer Himmel w stallglocke über dem glänzenden B pel; ein Kranz von malerischen La umsäumt das friedlich schöne Bild. Links, w dem Castel d'Uovo[1] das Häusermeer von Neapel in du Ferne verliert, erhebt sich der violett angehauchte Doppelkegel des Vesuv und von seinem Gipfel wirbelt ein kleines, weisses Dampfwölkchen in den reinen Äther.

Vor uns steigt Capri, das liebliche Eiland, mit schroffen Steilwänden aus den Fluten; jenseits der Bocca piccola[2] umrahmt die Halbinsel von Sorrent° den ruhigen Golf, nach rechts schliesst der Rücken des Posilipo,[3] von Weinbergen und freundlichen Villen besät, das harmonische Gemälde ab. Ein paar Fischerboote schweben mit weissem Segel weit draussen auf der glänzenden Fläche, und während wir nach der Mergellina[4] wandern, wo der kleine Dampfer der Zoologischen Station uns erwartet, schweift unser Blick immer wieder über die blaue Flut und verfolgt mit Entzücken dic malerische Silhouette der Berge, welche den Golf umrahmen.

Der Anker wird gelöst, und bald dampft der „Johannes Müller" hinaus in das Meer. Während wir am Fusse des Posilipo dahingleiten, weilt unser Blick auf den gelben Tuffsteinufern,° über welche Guirlanden blühender Rankengewächse herabhängen; dort ist das verfallene Schloss der Donna Anna,[5] hier wiegen südliche Palmen ihre malerische Krone, und dunkle Pinien und Cypressen treten wirkungsvoll aus dem helleren Grün schattiger Kastanien hervor. Mit jedem Augenblick wird das Bild schöner und fesselnder,

und nur mit Mühe können wir unsern Blick von den malerischen Küsten abwenden, um, über Bord gebeugt, in die Wasserfläche hineinzuschauen, welche wir durcheilen.

Das Wasser ist klar und durchsichtig, unser Auge ist durch Übung geschult, die schwimmenden Tiere des Meeres zu erkennen, aber nur wenige Spuren organischen Lebens vermögen wir zu entdecken. Einige kleine Radiolarien°-kolonien, ein paar mikroskopische Krebschen,° eine rötliche Meduse° sind das einzige, was wir zu sehen im stande sind. Wir lassen das Müllersche Netz, eine Art Schmetterlingsnetz aus fester Gaze, ins Wasser und sieben, während wir die Geschwindigkeit der Maschine mässigen, eine lange Strecke des Wassers durch, dann spülen wir das umgekehrte Netz in einem Glas Seewasser ab, aber kärglich ist unsere Ausbeute, gering die Zahl der gefangenen Tiere.

Um die schwimmende Tierwelt der mittleren Regionen zu fangen, lassen wir jetzt ein sogenanntes Schliessnetz° hinab. Infolge einer sinnreichen Konstruktion öffnet sich dieses Netz, wenn es in einer bestimmten Tiefe angelangt ist, und sobald man nach einiger Zeit das Netz wieder heraufwindet, schliesst es sich selbstthätig. Wir untersuchen den Inhalt, den es in 100 m Tiefe gefangen hat, und finden darin manche zarte Pteropoden,° Krebse° und Medusen,° deren wir mit dem Müllerschen Netz an der Oberfläche nicht habhaft werden konnten. Dann lassen wir einen Zinkeimer mit scharfen Rändern, die sogenannte Eimerdredge° (Fig. 9), an einem Tau in die Tiefe, wir ziehen sie am Grunde entlang bis sie sich in den Boden eingräbt, dann winden wir sie empor. Die Eimerdredge ist erfüllt mit einem grünlichen zähen Schlamme. Wir schütten den Schlamm in

ein Metallsieb und waschen alle thonigen Teile so lange durch, bis nur die darin enthaltenen gröberen Steinchen und Tiere übrig bleiben — allein unser Fang ist nicht sehr befriedigend. Einige rötliche Würmer, ein paar schlammbewohnende Muscheln, und eine handvoll kleiner, grauer Schlangensterne° (Ophiuren°) können wir auslesen, sonst ist kein lebendes Wesen zu finden.

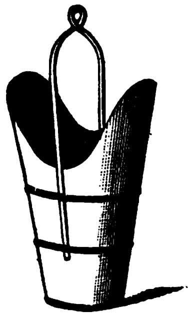


Fig. 9. Eimerdredge.

Mit raschen Schraubenschlägen verlassen wir die tierarmen Schlammgründe und die tierarmen Wasser nahe der Küste und dampfen hinaus auf die See. Da kreuzen wir einen langen Wasserstreifen, bedeckt mit Grashalmen, Tangfetzen, Korkstöpseln, Bimssteinstückchen° und anderem treibenden Material. Die Fischer nennen diesen Streifen *corrente* (Strömung), und indem wir prüfend über die Wasserfläche schauen, erkennen wir, dass der Corrente eine ziemlich schmale, wohlabgegrenzte Wasserstrasse bildet, welche sich oft von parallelen Correnten begleitet mitten durch das Meer weithin verfolgen lässt. Mit Entzücken sehen wir zwischen dem toten treibenden Material eine grosse Fülle der wunderlichsten Geschöpfe bald vereinzelt, bald so dicht gedrängt, dass das Müllersche Netz bald mit einem Tierbrei gefüllt heraufkommt. Man nennt diese freischwimmenden und treibenden Tiere des offenen Meeres „pelagische° Tiere" oder Plankton.° Hier schwebt wie ein bunter Blumenstrauss eine Siphonophore,° dort sehen wir einen Schwarm zolllanger Krebschen,° da eine meterlange Kette von Salpen.° Alle diese Tiere sind gallertartig und

glashell durchsichtig, nur der silberglänzende Eingeweidesack° oder die lebhaft buntgefärbten Keimdrüsen° verraten ihre Anwesenheit im klaren Wasser. Halb auf dem Wasser schwimmend sehen wir indigoblaue Velellen° oder die faustgrosse Schwimmblase° der Physalia.° Doch sobald wir die Verbreitung der Correnten verlassen, wird auch die pelagische Tierwelt ärmer und wieder durchschneiden wir Fluten, in denen nur wenige Vertreter tierischen Lebens zu beobachten sind.

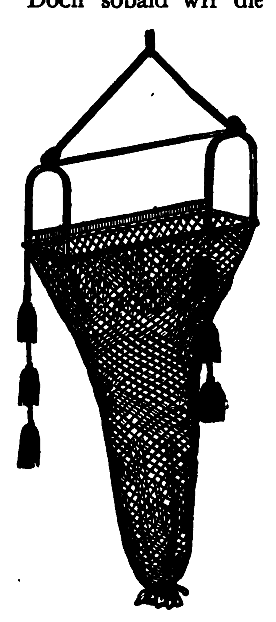


Fig. 10. Schleppnetz.

Noch einmal lassen wir die Eimerdredge in eine Tiefe von 120 m hinab, aber ebenso tierarm wie vorher finden wir den Schlamm des Meeresbodens.

Nach wenigen Kilometern hält der Dampfer, dann wird das grosse Schleppnetz° (Fig. 10) an einem langen Tau befestigt und rollt über Bord, um in die Tiefe zu gleiten. Kaum sind 60 m Tau abgelaufen, da merken wir, dass die Dredge den Boden berührt hat. Es ragt also hier über den 120 m tiefen Boden eine submarine Insel 60 m hoch empor. Der „Johannes Müller“ dampft ein Stück Weges vorwärts, damit das Tau möglichst lang auf dem Meeresboden hinschleppt, dann winden wir es mit der Dampfwinde langsam herauf. Schon ehe das Schleppnetz über Wasser erscheint, erkennt unser Auge ein buntes Gewimmel

durch die Maschen hindurch, und sobald es auf Deck ausgeschüttet wird, sind wir geradezu verblüfft von dem unendlichen Tierreichtum, den es mit emporgebracht hat. Wohin wir blicken, zappelt und krabbelt es über den Boden. Hunderte kleiner roter Krebse laufen possierlich 5 über die Dielen, um sich in einem Winkel zu verstecken, gelbe Seelilien° bewegen sich zu Dutzenden mit ihren fingerlangen Armen wie grosse Spinnen über Deck, schön gefärbte Seeigel° und grosse Seesterne° kriechen träge aus dem Tierhaufen heraus, bunte Muscheln und elegante 10 Schneckenschalen rollen uns zu Füssen. Mitten in dem Getümmel der bunten, vielgestaltigen Meeresgeschöpfe bewegt sich eine fussgrosse, unheimliche Masse; lange Arme, mit Saugnäpfen° bewehrt, kriechen hervor, und bald kommt ein ungestalter Tintenfisch° zum Vorschein. Daneben be- 15 merken wir hunderte von warzigen rosenroten, steinharten Knollen,° es sind Kalkalgen,° welche die Gründe des Meeres in ungeheuren Mengen bedecken.

Längere Zeit verstreicht, bis alle Tiere aufgelesen und in Gläser und Eimer flüchtig sortiert sind, und wenn wir dann 20 den Reichtum eines Fanges mustern, dann können wir zum Vergleich der Landfauna uns vorstellen, wieviel wohl ein Luftschiffer Landtiere fangen würde, der 50 m hoch vom Ballon aus ein Netz einige hundert Schritt über den Erdboden ziehen würde! 25

Die Sonne geht schon zu Rüste, als wir den Rückweg antreten. Während es immer dunkler wird und zahllose Sterne über unserem Haupte erscheinen, immer schöner der Glanz der Milchstrasse schimmert, wendet sich unser Auge dem Meeresspiegel zu, den unser Schiff durcheilt. — Ein 30

überraschendes, zauberhaftes Bild bietet sich dem Blicke dar! Der ganze sternenbesäte Himmel scheint sich im Meere zu spiegeln. Grosse und kleine Sternchen schweben mit zartem Lichte im Wasser und da, wo die Schraube
5 unseres Schiffes ruhelos das Meer durchwühlt, entsteht eine Lichtstrasse, welche sich wie ein Kometenschweif weit hinter dem Schiffe herzieht.

Rasch nehmen wir das Müllersche Netz zur Hand, lassen es kurze Zeit im Wasser und bringen es heraus, erfüllt mit
10 leuchtendem Schleim. Wir spülen diesen im Glase ab und erkennen, dass jedes leuchtende Sternchen ein kleines Tier ist, dass unzählige Planktontiere° das Meer erfüllen.

Selbst die Gebiete, die am Tage tierarm erschienen, werden jetzt belebt von einer Fülle der interessantesten
15 Formen, und viele Tiere, welche wir am Tage nur in 100 m tiefen Wasserschichten mit dem Schliessnetz° fingen, die erhalten wir jetzt mühelos im Plankton der Meeresoberfläche.

Und was wir hier bei Neapel° auf einer Tagesexkursion
20 im kleinen beobachten, das erfahren wir im grossen, wenn wir die grossen Ozeane untersuchen. Der ganze Ozean ist belebt, und vom Strande nach den Flächen des offenen Meeres hinaus, ebenso wie von der Oberfläche bis zu den lichtlosen Abgründen der Tiefsee finden wir überall tierisches
25 Leben. Und wie auf dem Lande Wüsten und Wälder abwechseln, wie das Klima und die Bergeshöhe die Verbreitung der Organismen beeinflusst, so sehen wir auch im Meere eine unendliche Fülle von äusseren Umständen verändernd einwirken auf die Verbreitungsgebiete der Or-
30 ganismen. Alle die Faktoren, welche wir in den früheren

Abschnitten besprochen[1] haben, und manche Verhältnisse, die noch behandelt[1] werden sollen, beeinflussen die Verteilung der Organismen im Meere, und wenn sie sich verändern, so ändern sich die Verbreitungsgebiete der Pflanzen und Tiere.

Die Erdgeschichte berichtet uns nicht nur von Veränderungen der physikalischen Bedingungen, sondern auch von Veränderungen der Faunen und Floren, und die Geologie als historische Wissenschaft hat nicht nur solche Veränderungen festzustellen und zu registrieren, sondern ihre letzte und schönste Aufgabe ist es, den ursächlichen Beziehungen zwischen anorganischen[°] und organischen Veränderungen nachzuspüren. Nur indem wir die Felsschichten der Erde als den Ausdruck solcher anorganischer Umgestaltungen und die Versteinerungen als ein Sinnbild organischer Mutationen auffassen, nähern wir uns jenem hohen Ziele.

Vergleichen wir die Tierwelt des Meeres mit der Fauna des Festlandes, so finden wir zuerst, dass jene viel reicher ist als diese. Während zwar der Boden des Luftmeeres eine reiche Tierwelt beherbergt, aber die mittleren und oberen Regionen der Atmosphäre nur wenige fliegende Vögel und Insekten enthalten, sind im Ozean alle Gebiete bevölkert. Am Boden finden wir festsitzende[°] und kriechende, an der Oberfläche und in den mittleren Schichten aktiv oder passiv schwimmende Tiere, und eine ganze Reihe von marinen Tiergruppen sind auf dem Festland überhaupt[2] nicht vertreten. Gebiete grossen Tierreichtums liegen inselgleich in tierarmen Regionen, die Tiefe des Meeres, Temperatur, Licht, Salzgehalt,[°] Sauerstoffmenge, Strömungen und Untergrund spielen eine bestimmende Rolle in der faunistischen[°] Ver-

breitung. Aktive und passive Wanderungen machen das Bild derselben noch verwickelter.

Wenden wir uns jetzt der Pflanzenwelt des Meeres zu, so ergiebt sich ein etwas verschiedenes Resultat. Zwar fehlen hier vollkommen jene baum- und strauchartigen höheren Pflanzen, welche auf dem Festland so verbreitet sind. Dagegen spielen die schwimmenden niederen Algen eine ungemein wichtige Rolle und erfüllen das Meer in allen Regionen. Nur die Abgründe der Tiefsee sind pflanzenleer und beherbergen keine assimilierenden Organismen.

Betrachten wir vom Standpunkt der allgemeinen Chorologie° die Verteilung der Organismen (Pflanzen und Tiere) im Meere, so müssen wir drei Haupttypen derselben wohl von einander unterscheiden. Auf der einen Seite stehen die festsitzenden oder am Boden kriechenden Tiere und Pflanzen, das Benthos,° auf der andern Seite die freilebenden, im Wasser schwimmenden oder treibenden Lebewesen,[1] die man als das Plankton° zusammenfasst, während man die aktiv schwimmenden Tiere als Nekton° bezeichnet.

Zwischen diesen Gruppen bestehen zahlreiche Übergänge und Verbindungen. Die Larven vieler kriechender oder festsitzender Tiere schwimmen in der Jugend lange Zeit frei im Wasser herum, anderseits lassen festsitzende Jugendstadien freilebende, geschlechtsreife Tiere aus sich hervorgehen. In Fig. 11 S. 67 ist ein Polyp dargestellt, welcher durch Knospung kleine Medusen° (s. Fig. 12) erzeugt, die sich abschnüren° und frei davonschwimmen. Der umgekehrte Fall findet sich bei manchen Krebsen:° die Larve von *Lepas* ist ein kleiner, zierlicher Krebs (*Nauplius*) mit sechs Beinen und einem grossen, wohl entwickelten Auge. Nach-

dem diese Larve einige Zeit herumgeschwommen ist, setzt sie sich fest, wächst zu der merkwürdigen Entenmuschel° *Lepas* heran und produziert erst in diesem Stadium Eier und Samen.

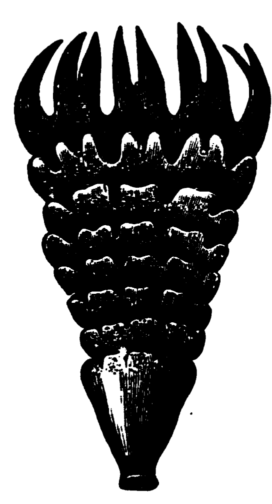


Fig. 11. Polyp (Strobila) mit sich ablösenden Medusen, 20 Mal vergrössert.

Die Sporen mancher Meeresalgen 5 haben lange Wimpern,° mit denen sie sich munter im Wasser herumbewegen, ja sogar einen roten Augenfleck° hat man bei gewissen Algen beobachtet. Nachdem die Schwärm- 10 spore° eine zeitlang zum Plankton° gehört hat, setzt sie sich fest, wächst zu der Algenpflanze heran und gehört dann zum Benthos.° Aber trotz vieler solcher Übergänge ist es wich- 15 tig, jene Typen zu unterscheiden, da sie mit charakteristischen Eigenschaften versehen und an bestimmte äussere Existenzbedingungen angepasst sind. 20

Das Benthos ist entweder kriechend, vagil,° oder festsitzend, sessil, doch ist es naturgemäss auch hier unmöglich, eine scharfe Grenze zu ziehen. Aus dem Ei des *Antedon* entwik- 25 kelt sich zuerst eine freischwimmende Larve. Die eiförmige Larve hat vier Wimperringe° und einen kleinen Wimperschopf,° mit Hilfe deren sie einige Zeit im Wasser als treibendes 30



Fig. 12. Freischwimmende, junge Meduse (Ephyra), 20 Mal vergrössert.

Plankton herumschwimmt. Dann setzt sie sich fest, es entwickelt sich in ihr ein lilienähnliches, gestieltes° Tierchen, bestehend aus einem zierlichen Stiel° mit einer zehnarmigen Blume. So lebt *Antedon* als sessiles Benthos. Darauf löst
5 sich die Blumenkrone° von dem Stabe ab, das ausgewachsene Tier kriecht wie eine Spinne am Boden hin, ja es kann sogar rudernde Bewegungen frei im Wasser schwimmend ausführen, so dass man im Zweifel sein muss, ob man vagiles° Benthos, Nekton oder Plankton vor sich hat.

10 Das Benthos des Tierreiches ist durch derbe Gewebe, meist auch durch kalkige Skelette und durch Bewegungsorgane oder Haftorgane° ausgezeichnet. Das sessile Benthos liebt felsigen oder wenigstens festen Untergrund und bewegtes Wasser, damit ihm Nahrung zugeführt werden kann,
15 deshalb findet es seine höchste Entfaltung am felsigen Meeresgrunde nahe dem Strande.

Das Benthos lässt sich ziemlich leicht und sicher in litorales° und abyssales° trennen. Bei einer früheren Gelegenheit sahen wir, dass viele Küsten von einem wasser-
20 bedeckten Vorland° umgeben sind, der sogenannten Kontinentalstufe.° Diese ist das Reich des litoralen Benthos. Hier leben die festsitzenden° Pflanzen des Meeres und bieten eine reiche Nahrungsquelle für ein reich entwickeltes Tierleben. Die meisten Muscheln und Schnecken, die
25 meisten Echinodermen,° viele Krebse° und Fische, alle stockbildenden° Korallen, viele Schwämme gehören dem litoralen Benthos an. Das litorale Benthos ist das Ursprungsgebiet der meisten anderen Faunen und Floren; viele Organismen des Plankton, der Tiefsee, ja sogar die-
30 jenigen des Süsswassers und des Landes sind wahrscheinlich Kinder dieser Region.

Kein zweites Lebensgebiet des Meeres besitzt eine solche Mannigfaltigkeit der Existenzbedingungen. Felsen und Sandküsten, bewegte Brandung und ruhige Buchten, reiche Beleuchtung und frische Luft bedingen eine ungeheuer vielgestaltige Formenentwickelung. Bei jeder Oszillation des Meeresspiegels, bei jeder Transgression,° bei jeder Dislokation° wird das litorale Benthos von den umgestaltenden Wirkungen am ersten und nachhaltigsten betroffen. In diesem Lebensgebiet wechselten im Laufe der geologischen Geschichte See und Festland am häufigsten ihren Ort, und dieser stete Wechsel musste natürlich in hohem Masse variierend und umgestaltend auf Fauna und Flora wirken — deshalb finden wir hier jene Vielgestaltigkeit der äusseren und inneren Organisation, jene Fülle der Anpassung, jene Mannigfaltigkeit der Lebensgewohnheiten.

Vom litoralen° Benthos aus[1] wurde das offene Meer besiedelt,° von hier aus[1] die abyssalen° Abgründe der Tiefsee, und zwar dürfen wir in der Vertikalzirkulation und den Meeresströmungen die Wege solcher Besiedelung erblicken. Dem Zuge des Wassers folgend gelangten die Larven festsitzender oder die allzu beweglichen Vertreter kriechender Tiere ins offene Meer hinaus, und Pfeffer zeigt uns, wie noch heute manche Tiere des pelagischen° Plankton° als geschlechtsreif gewordene Larven betrachtet werden müssen. Andere wanderten langsam in immer tiefere Wasserschichten hinab. In dem Schlamm der Tiefsee fanden sie reiche Nahrungsquellen und entzogen sich dort dem grausamen Kampf ums Dasein, der in dem reichbevölkerten litoralen Benthos so verderblich waltet.

Das *abyssale Benthos* besteht nur aus Tieren. Keine

festsitzende Pflanze ist bisher aus den Abgründen der Tiefsee heraufgebracht worden und kein dort lebendes Tier hat den Charakter eines Pflanzenfressers. Daraus ergiebt sich schon die ökonomische Abhängigkeit der Tiefseefauna von den Organismen der Kontinentalstufe° und des seichteren Wassers.

Die meisten Tiere des abyssalen Benthos sind Schlammfresser, andere sind räuberische Fleischfresser. Die Bewegungsorgane jener sind ebenso rückgebildet° wie die Organe der Nahrungsaufnahme, ihre Sinnesorgane sind oft rudimentär, die Farben eintönig und auf der Oberseite° ebenso gefärbt wie auf der Unterseite.° Die grosse Gleichmässigkeit der Existenzbedingungen hat die Fauna des abyssalen Benthos über die ganze Erde ziemlich eintönig gemacht, die klimatischen Zonen der Abgrenzung lokaler Faunen sind hier verwischt. Oszillationen und Transgressionen des Meeresspiegels, Hebungen und Senkungen der Erdrinde beeinflussen die Existenzbedingungen der Tiefseefauna in überaus geringer Weise, die Tiefsee ist zu vergleichen der stillen Klause, in welche sich die Tiere aus dem Getümmel und der Unruhe des litoralen Benthos zurückgezogen haben, um in beschaulicher Ruhe und ewiger Nacht ein friedliches Dasein zu führen.

Während die Tiere des litoralen Benthos in Form und Farbe sich vielfach an den Untergrund angepasst haben, bald die zackige, grüne Felsenoberfläche, bald die rosenrote Farbe der Kalkalgen,° das Olivengrün der Tange nachahmen, zeigen die Organismen des Plankton ähnliche Anpassungserscheinungen[1] an ihre Umgebung. Die durchsichtige, klare Wasserflut hat sie veranlasst, auch durch-

sichtig zu werden, und glänzende Farbenflecke oder der silberglänzende Eingeweidekern° heben[1] sich von dem glashellen Körper als wirkungsvolle Schreckfarbe° ab. Schalen und dichte Hartgebilde würden den Körper nur beschweren und das Tier im klaren Wasser um so mehr sichtbar werden lassen, deshalb fehlen sie fast allen grösseren Tieren des Plankton, und die kleinen Pflanzen und Tiere der offenen See haben so zierliche, glashell durchsichtige Schälchen, bewehrt mit langen spitzen Dornen° und Nadeln,° dass sie dadurch gut gegen Feinde geschützt sind. Die grossen Medusen° und Siphonophoren,° welche leicht zu erkennen sind, schützen sich durch brennende Giftbläschen° und Nesselzellen° gegen jede Berührung und machen sich dadurch unangreifbar.

Was die horizontale Verbreitung des Plankton anlangt, so kann man zwischen neritischem° und ozeanischem Plankton unterscheiden.

Das *neritische Plankton* in den Küstengebieten ist schon deshalb viel reicher als das Plankton des offenen Meeres, weil dort die freischwimmenden Larven aller Benthosorganismen eine zeitlang zum Plankton gehören und dessen Menge vermehren. Die oben schon erwähnte Mannigfaltigkeit der Existenzbedingungen nahe den Küsten, der Pflanzenreichtum, die Strömungen u. a. bewirken, dass das neritische Plankton auch durch Formenfülle ausgezeichnet ist.

Die Verhältnisse des *ozeanischen Plankton* werden durch die Meeresströmungen wesentlich beeinflusst, und wer je den Golfstrom mit aufmerksamem Auge gekreuzt hat, der ist inne geworden, wie sehr die Verteilung des ozeanischen

Plankton durch solche Strömungen reguliert und differenziert wird. Sind doch [1] viele Planktonorganismen ohne alle Mittel einer aktiven horizontalen Ortsbewegung nur darauf angewiesen,[2] passiv den Bewegungen des Meeres zu folgen und
5 dadurch von den Wasserbewegungen abhängig.

Dagegen besitzen die meisten Planktonorganismen im Innern ihres Körpers hydrostatische Apparate, Schwimmblasen,° Hydranten,° Vakuolen,° welche es ihnen ermöglichen, ihre spezifische Schwere zu verändern und infolgedessen
10 leicht vertikale Bewegungen auszuführen, indem sie bald in die dunklen Tiefen versinken, bald zum Meeresspiegel heraufsteigen. Diese vertikalen Wanderungen des Plankton leiten uns zu dem Problem, ob die mittleren Tiefen des Ozeans von schwebendem zonaren° Plankton belebt
15 sind. Noch sind die Untersuchungen hierüber unvollkommen, aber sicher ist es, dass an den Rändern von Kontinenten ein solches, alle Tiefen erfüllendes Plankton zu finden ist.

10. Die Meerespflanzen.

Die Tiere können sich nur von organischen Substanzen
20 nähren, die Pflanzen dagegen sind im stande, anorganische Stoffe aufzunehmen und dieselben in den Kreislauf des Lebens einzuführen. Deshalb ist alles Leben auf der Erde und im Meere, direkt oder indirekt, abhängig von der Existenz der Pflanzenwelt. Alle Tiere, und selbst das Menschenge-
25 schlecht würden aussterben müssen, sobald dieser sogenannte Assimilationsprozess der lebenden Pflanzen aufhörte.

Die Pflanzen assimilieren, indem sie in den grünen, braunen oder roten Zellen ihres Gewebes, unter Einwirkung des Lichtes, anorganische Stoffe in organische Verbindungen überführen, und deshalb kann man auch sagen, dass alles Leben von den Lichtstrahlen der Sonne herrührt, welche gefärbte Pflanzenzellen zur Assimilation veranlassen.

Während sich aber die Tierwelt von der Verteilung des Lichtes emanzipieren kann, und in lichtlosen Höhlen oder in der dunkeln Tiefsee zu leben vermag, ist die Verbreitung der Pflanzenwelt an die erleuchteten Regionen des Meeres gebunden. Wo kein Lichtstrahl hindringt, da suchen wir vergeblich nach lebenden Pflanzen.

Das Licht dringt in klares Seewasser ziemlich tief hinein, und bei günstiger Beleuchtung und reinem Wasser ist es nicht schwer, in Tiefen von 30 m noch alle Einzelheiten am Grunde des Meeres zu beobachten.

Wie schön und belehrend ist es, über den Rand des Bootes gebeugt, hinabzublicken in die geheimnisvolle Tiefe. Wenn die Oberfläche des Wassers durch den Wind bewegt wird, dann genügt es, eine Röhre von 1 Fuss Durchmesser, am untern Ende mit einer Glasplatte abgeschlossen, in das Wasser zu tauchen, um alle die Wunder des Meeresbodens erkennen zu können. Wir sehen Tangwälder, welche, wogenden Ährenfeldern gleich, sich langsam auf und ab bewegen, und auf grünlichen Sandflächen sehen wir rotbraune Seeigel° in träger Ruhe liegen oder muntere Taschenkrebse° herumspazieren; halb im Sande versteckt, kriechen Muscheln langsam über den Boden, und eine Schar silbern glänzender Fische schwebt in graziösen Bogen spielend durch die krystallene Flut; jetzt stieben sie aus einander und ein gefleckter Haifisch huscht pfeilschnell durch das Wasser.

Ein märchenhaftes grünes Licht verklärt mit wunderbarem Glanze das lebensvolle Bild, und uns ergreift ein drängendes Sehnen, immer tiefer einzudringen in die Geheimnisse des Meeres. Doch indem wir mit unserm Boote über tiefer werdende Seegründe dahinfahren, wird das Bild immer düsterer und verschleierter. Wohl vermag unser Auge noch zu sehen, dass eine Fülle der interessantesten Lebensbilder einander ablösen, allein schon können wir nicht mehr Einzelheiten unterscheiden, und im dämmernden Zwielicht erscheinen die Gestalten fabelhaft verzogen, bis unser Auge ins Unergründliche, Bodenlose hineinschaut und wir nur noch ahnen können, was uns die dunkle Tiefe verbirgt.

Um die Grenze des Eindringens der Lichtstrahlen festzustellen, versenkte man Marmorplatten von Bord des Schiffes in die See und beobachtete, dass sie bei 50 m Tiefe unsichtbar wurden. Das Licht war also auf dem 100 m langen Wege von der Oberfläche bis zur Marmorplatte und von dieser reflektiert, wieder nach dem Auge dringend, absorbiert worden.[1] Versuche mit buntgefärbten Platten ergaben andere Resultate und erst in den letzten Jahren wurde das Problem exakt untersucht, als man photographische Platten versenkte, sie unter Wasser öffnete, exponierte° und schloss, um sie dann wieder heraufzuziehen. Untersuchungen mit solchen *Tiefseephotometern*° wiesen bei Villafranca[2] chemisch wirksame Strahlen noch in 400 m Tiefe nach und in einer Tiefe von 483 m herrschte noch eine Helligkeit wie die der gelben Strahlen im Mondlicht.

Bei Besprechung der Meeresfarbe sahen wir, dass bei dem Durchtritt der Lichtstrahlen durch eine Wassersäule

zuerst und am stärksten die roten Lichtstrahlen absorbiert werden.

Die roten Lichtstrahlen wirken aber besonders günstig auf den Assimilationsprozess in grün gefärbten Pflanzenteilen, während die grünen und blauen Strahlen den Assimilationsvorgang in roten Pflanzenteilen begünstigen.

Entsprechend dieser Thatsache findet man nun die grün gefärbten Algen in seichtem Wasser, während die Mehrzahl der rot gefärbten Algen die grösseren Tiefen des Meeres bewohnen.

Die Meerespflanzen lassen sich leicht in zwei Gruppen, in festsitzende und freischwimmende, teilen, die ersteren gehören dem Benthos,° die letzteren dem Plankton° an.

Die Pflanzen des Plankton sind lange Zeit nur wenig bekannt gewesen, obwohl sie in ungeheuren Massen in den oberen Wasserschichten und bis 2000 m Tiefe angetroffen werden. Und doch spielen sie eine ungemein wichtige Rolle im Haushalt des Meeres. Begabt mit einem überaus kräftigen Fortpflanzungsvermögen, vermehren sie sich so rasch, dass sie ganze Meere dicht bevölkern; die Diatomeen° treten im Eismeere in solchen Massen auf, dass das Meer schlammig werden kann, *Pyrocystis* erfüllt in ähnlicher Weise ganze Teile in wärmeren Meeren; die Planktonpflanzen liefern den grössten Teil der „Urnahrung“° und sind infolgedessen die notwendige Voraussetzung des Lebens im Ozean.

Ein gewisses historisches Interesse beansprucht *Trichodesmium erythraeum*, eine Fadenalge von roter Farbe, deren Flöckchen gelegentlich in solchen Massen im Roten Meere beobachtet werden, dass die Annahme gerechtfertigt erscheint, den Namen des Meeres davon herzuleiten.

Wir haben schon mehrfach der gelbgrünen Tangbüschel gedacht, welche im Golfstrom treibend angetroffen werden und daher zum Plankton mitgerechnet werden müssen. Es ist das Golfkraut°, *Sargassum bacciferum*, welches, ursprünglich an den Ufern des Antillenmeeres° wachsend, durch die Wellen abgerissen und durch den Golfstrom weit ins Meer hinaus verfrachtet wird. Wo die Strömung nachlässt, da sammelt es sich im Laufe der Zeiten an, und so giebt es verschiedene Regionen des Atlantik, Indik und Pazifik, welche durch eine Menge treibender Tangbüschel ausgezeichnet sind. Die übertriebenen Schilderungen älterer Seefahrer haben daraus Sargasso-Meere gemacht und fabelten von Seetangwiesen, welche das Fortkommen der Schiffe hindern. Richtig ist nur, dass diese treibenden Tange an solchen Stellen häufiger schwimmend angetroffen werden und eine ziemlich reiche Fauna beherbergen.

So verknüpft *Sargassum* das Plankton mit dem Benthos, mit dem wir uns jetzt zu beschäftigen haben.

Je nach dem vorherrschenden Farbstoff in den Zellen, kann man die festsitzenden Meeresalgen in drei Gruppen teilen, in grüne, rote und braune.

Die Grünalgen sind ungemein häufig, sie überziehen als dichte Rasen° Sand und Steine, Klippen und Felsen und sind von einer so staunenswerten Formenmannigfaltigkeit, dass wir hier kaum die wichtigsten Typen erwähnen können. Bald bewundern wir die zarten Rasen fadenförmiger Vaucherien,° bald die grossen, zackigen Blätter der Caulerpa° oder das filzige Gewebe eines faustgrossen Codium.°

Noch schöner und graziöser sind die roten Algen oder

F l o r i d e e n,° deren karminrote Federbüsche, auf weissem Papier ausgebreitet und getrocknet, in allen Seebädern verkauft werden. Wie ein feines Spitzengewebe° oder ein fein gekräuseltes Seidenband erscheinen die zierlichen 5 Blätter, die bald zart rosa, bald intensiv karminrot gefärbt sind. Gattungen wie Zonaria° (Fig. 13), Ptilota,° Delesseria,° Rhodymenia° 10 u. a. gehören zu dem schönsten, was das Meer uns bieten kann, und eine Wanderung am Strande nach stürmischem Wetter lässt uns 15 selten ohne willkommene Beute. In einer flachen Wasserschüssel auf ein Blatt Papier ausgebreitet, können wir sie leicht mit dem Papier herausheben und, im Schatten getrocknet, als freundliches Andenken bewahren. 20



Fig. 13. *Zonaria pavonia.*

Von den über 50 Gattungen der Florideen interessieren uns aber besonders diejenigen, welche die Fähigkeit besitzen, in ihrem Gewebe Kalk abzuscheiden und ihre Zellwände so mit Kalksalzen zu beladen, dass 90% der Pflanzenmasse aus kohlensaurem° Kalk besteht. 25

Diese sogenannten K a l k a l g e n° oder Nulliporen° finden sich in Tiefen von 1 bis 80 m in allen Meeren. Ihre faustgrossen warzenbesetzten Knollen° bedecken den Meeresboden an der Küste von Novaja-Semlja° eben so wie sie auf den Koralleninseln im Tropenmeere in ungeheurer Menge 30

gefunden werden. Auf gewissen submarinen Inseln im Golf von Neapel,° die bei Behandlung der vulkanischen Inseln noch näher besprochen werden sollen, kann man an manchen Stellen nicht dredgen, ohne dass das Netz mit hunderten der rosaroten, steinharten Lithothamnium°-knollen gefüllt heraufkäme. Sie bilden weit ausgedehnte Lager und spielen eine grosse Rolle bei der Entstehung der marinen Kalkfelsen. Wenn man die Häufigkeit dieser Kalkalgen in allen Meeren der Gegenwart bedenkt und sich erinnert, dass die lebende Alge 90% Kalk enthält, so wird es begreiflich, dass auch in der Vorzeit ähnliche Kalklager gebildet wurden und dass mächtige Kalkbänke° nur aus solchen Algen bestehen. Bei Wien° sind viele Steinbrüche in solchen Algenkalken° angelegt. Die berüchtigten Latomien[1] bei Syrakus° sind in Algenkalke eingesenkt[2] und wahrscheinlich giebt es noch viele Kalkgesteine, die als phytogen° betrachtet werden müssen.

Eine dritte Gruppe von Algen, mit einem braunen oder olivengrünen Farbstoff versehen, sind die Braunalgen oder Seetange.° Dieselben sind an felsigen Küsten aller Meere häufig, aber ihre Hauptverbreitung und ihre grösste Entwickelung erreichen sie in den kalten Meeren. An der Küste von Patagonien° finden sich wahre Wälder von *Macrocystis pyrifera*, deren einzelne Pflanzen bis 300 m lang werden. Die Laminarien° (s. Fig. 6) bei Helgoland mit ihren 3 m langen Blättern haben wir schon geschildert, auch die an nördlichen Küsten so häufigen Blasentange,° *Fucus vesiculosus*, und den Beerentang,° *Sargassum bacciferum* der tropischen Gestade.

Alle bisher besprochenen Pflanzen sind nicht nur Be-

wohner, sondern auch Kinder des Meeres; der Ozean ist ihre Heimat, in der sie entstanden sind. Das kann man von der Familie der Seegräser nicht sagen. Sie waren einstmals Landpflanzen und haben sich erst allmählich an den Aufenthalt im Salzwasser gewöhnt. Die Seegräser sind von sehr übereinstimmender Form; sie besitzen schmale, grasartige Blätter von 2 bis 40 cm Länge, welche in Bündel vereinigt aus einem kriechenden Wurzelstocke° hervorwachsen (Fig. 14). In seichtem Wasser überziehen sie ausgedehnte Rasenflächen° in allen Meeren der warmen und gemässigten Zone. Die etwa 10 Gattungen und 25 Arten verteilen sich auf die zwei Familien der Hydrochariteen° und Potameen.° Die *Posidonia oceanica* wird bis in Tiefen von 60 m beobachtet, alle anderen leben in ganz flachem Wasser. Manche Arten dringen in die brackischen Flussmündungen hinein, oder leben in halb ausgesüssten Lagunen. Doch können sie in reinem Süsswasser nicht leben, woraus man schliessen darf, dass sie nicht einstmals Süsswassergewächse waren, die sich an das Leben im Meerwasser gewöhnten, sondern dass sie direkt von Landpflanzen zu Meerbewohnern wurden.



Fig. 14. Spross von Seegrass (*Zostera marina*), verkleinert.

Auf einer ähnlichen Wanderung vom Lande nach der See hinaus befinden sich gegenwärtig noch jene Pflanzen,

welche man als „M a n g r o v e-V e g e t a t i o n“ zusammenfasst.

Die „Mangrove“ oder der „Gezeitenwald“ ist ein hellgrün gefärbter Pflanzensaum von 20 bis 500 m Breite, welcher längs der sumpfigen Küsten tropischer Meere als fortlaufendes Band sich um das Ufer schlingt. Etwa zwanzig verschiedene Pflanzenarten nehmen an der Bildung der Mangrove teil und alle gewähren bei Ebbe denselben sonderbaren Anblick, dass auf einem Pfahlwerk stelzenartiger Wurzeln eine dichtbelaubte Buschdecke aufruht. Die untere Grenze des Laubes ist durch die Flutgrenze gegeben und so markiert der Abstand zwischen dem Blätterdach und dem schlammigen, schwarzen Boden den Gezeitenunterschied, wie beifolgendes Ebbebild (Fig. 15) aus dem Malayischen° Archipel deutlich erkennen lässt. Bei Flut scheint der Mangrovebusch direkt auf dem Wasser zu schwimmen.

Ein reiches Tierleben findet sich zwischen den Mangrovepflanzen. An den stelzenförmigen Wurzeln sitzen Austern und Balanen.° Schnecken (*Neritina*) kriechen auf den Zweigen umher und Scharen von Taschenkrebsen° spazieren über den schlammigen Boden. Dazwischen bemerkt man zu hunderten einen fingerlangen Fisch (*Periophthalmus*), welcher uns mit seinen grossen hervortretenden Augen neugierig anglotzt. Doch sobald wir mit der Hand nach ihm greifen, hüpft er mit Hilfe seiner Vorderflossen in kurzen Sätzen über den weichen Schlamm nach dem Wasser und verschwindet rasch unseren Blicken.

So scheint die Mangrove ein Paradies für den Naturforscher zu sein, aber mancher, der allzu eifrig sich in ihre Laubgänge vertiefte, hat seinen Wissenstrieb mit jahrelangem Fieber, vielleicht mit dem Tode gebüsst.

Fig. 15. Mangrove bei Ebbe.

An den unwirtlichen Gestaden der Polarländer findet man nicht selten abgeriebene Baumstämme, Planken und Samen angespült, welche ihre Herkunft aus fernen Regionen leicht erkennen lassen. Die Samen der mexikanischen *Mimosa* 5 *scandens* fand man wiederholt auf den Färör[1] und auf Island.° Die Bohnen der westindischen *Entada gigalobium* wurden auf Shoal Point[2] gefunden und zeigen, wie weit der Golfstrom seine Treibkörper zu verfrachten im stande ist.

Die Baumstämme, welche man auf Spitzbergen und Novaja 10 Semlja° als sogenanntes Treibholz findet, gehören Lärchenarten an, welche in Sibirien wachsen und welche durch die sibirischen Flüsse zusammen mit Stücken von Lärchenrinde, Kiefernrinde, Birkenrinde und Wacholder nach dem Eismeere geschleppt und durch Meeresströmungen nach 15 jener Küste transportiert worden sind.

11. Die Fauna der Flachsee.

In steilen Sandsteinfelsen stürzt das Ufer ab zum Strande des Stillen° Ozeans. Ein sonniger Himmel scheint auf die glücklichen Gestade Kaliforniens und die Luft ist so köstlich warm, das Meer so glatt und ruhig, dass wir voll Ent- 20 zücken uns am Saum des Meeres lagern und träumend dem eintönigen und doch so vielgestaltigen Wogenspiel zuschauen. Langsam heben sich die Kämme der niedrigen Wellen aus der blauen Tiefe hervor, um dann wieder ruhig in die Meeresfläche unterzutauchen. In unermüde- 25 tem Wechselspiel naht sich Welle auf Welle dem Strande,

eine weisse Schaumkrone schmückt ihre Stirn, sie neigt sich nach vorn und, sich überstürzend,° rauscht sie zwischen gewaltigen Steinblöcken daher. Noch einmal schäumt sie zum Ufer empor, dann zieht sie sich behend zurück, um einer neuen Welle Platz zu machen. 5

So bewegt sich die dunkelblaue Flut in ruhelosem Wechsel auf und nieder, und während wir auf einem algenbewachsenen Block sinnend und träumend das Spiel der Wogen belauschen, haben wir kaum bemerkt, dass nach einiger Zeit der Schaum schon nicht mehr unsere Füsse 10 benetzt, dass sich das ebbende Meer langsam zurückzieht. Ein Block nach dem andern, über den soeben noch die Spritzwasser schäumten, wird von der Welle nicht mehr erreicht. Tümpel,° mit Seewasser gefüllt, bleiben vom Meere abgeschnitten zwischen den Felsen stehen; Tanggebüsche, 15 die wir vorher nicht bemerkten, werden sichtbar und ein Delphin muss sich mühen, um durch die Tangwiesen sich seinen Weg zu bahnen. Ein hoher Fels, der vorher inselgleich aus dem Wasser ragte, kann jetzt fast trockenen Fusses erreicht werden, und bald stehen wir draussen auf 20 der Klippe, welche vor einer Stunde noch vom Meere bedeckt war.

Ein Blick auf die Küste zeigt uns die zerstörende Wirkung der Abrasion. Überall treten steile Felswände dicht ans Meer heran, ein Saum grober Felsblöcke lässt sich 25 ihren Fuss entlang verfolgen, und aus dem niedrigen Wasser der Ebbe ragen überall abgesägte, abradierte Klippen, mit reicher Tangvegetation bewachsen, hervor.

Ein paar grüngefleckte Taschenkrebse° huschen eiligst über die Felsen. Sie scheinen sich in der warmen 30

Luft ganz wohl zu fühlen. Bald laufen sie vorwärts, bald rückwärts, dann mit komischen Bewegungen seitwärts, dabei beobachten sie uns mit ihren schwarzen Stielaugen,° und sobald wir Miene machen, nach einem zu greifen, flieht er schnell nach einer engen Spalte, um sich darin zu verstecken. Wir folgen ihm mit der Hand, packen ihn endlich an einem Bein und versuchen ihn herauszuziehen — aber, o Schrecken, wir halten ein abgerissenes Bein in der Hand, und als ob nichts passiert wäre, rennt die Krabbe weiter. Betrachten wir jetzt die Taschenkrebse genauer, die an uns vorbeistolzieren, so sehen wir, dass gar mancher statt zehn nur acht oder neun Beine besitzt, und wenn wir die Sache näher untersuchen, so finden wir, dass die Taschenkrebse die Fähigkeit besitzen, jedes ihrer Beine in einem Gelenke abzuschnüren.° Die Krabbe lässt lieber ein Bein im Stich, ehe sie ihr Leben verliert, und nach kurzer Zeit ist ihr ein neues Bein gewachsen.

Dort liegt eine tote Krabbe und um die Leiche herum sehen wir eine ganze Anzahl Schnecken in raschen Bewegungen herumkriechen. Das alte Sprichwort von der Langsamkeit der Schnecken scheint hier seine Bedeutung verloren zu haben, denn diese Schnecken sind flink und hurtig. Wir nähern uns der Stelle, da, mit einem Male, fallen alle Schnecken wie tot nieder und liegen regungslos neben der Krabbenleiche. Wir heben einige derselben auf und zu unserer Verwunderung sehen wir statt der Schnecke einen Krebs im Schneckenhause versteckt. Jetzt klärt sich auch die Geschwindigkeit dieser vermeintlichen Schnecken auf, denn es sind E i n s i e d l e r k r e b s e,°

welche ihren ungepanzerten, weichen Hinterleib° dadurch vor Verletzungen schützen, dass sie ihn in einem leeren Schneckenhaus verstecken. Am Ufer des Roten Meeres kann man tausende solcher Einsiedlerkrebse in allen denkbaren Grössen am Strande herumspazieren sehen, 5 und possierlich ist die Angst eines solchen, wenn man ihn aus seiner Wohnung herauszieht, und ihn schutzlos auf den Strand setzt. Im Bewusstsein seines leicht verletzbaren Hinterleibes schleicht er ängstlich dahin, bis er eine leere Schneckenschale findet, oder bis es ihm gelungen ist, einen 10 schwächeren Stammesgenossen° aus seiner Wohnung zu vertreiben.

Betrachten wir jetzt die bei Ebbe trocken liegenden Felsflächen, so sehen wir dieselben bedeckt mit Meerestieren, welche gleich den Krabben und Einsiedlerkrebsen 15 die Fähigkeit besitzen, längere Zeit ohne Wasser zu leben.

Nussgrosse Schnecken (*Litorina*) sitzen zu hunderten auf den sonnenbeschienenen Felsen, gross und klein nebeneinander, und haben die Mündung ihrer Schale mit einem Deckel° so gut verschlossen, dass sie keine Be- 20 schwerde fühlen. Dazwischen bemerken wir kleine, napfähnliche Schnecken, welche so fest auf ihre Unterlage° angepresst sind, dass wir die Spitze unseres Messers leicht abbrechen, wenn wir versuchen, die *Patella* abzulösen. Man könnte ein Gewicht von 3 Kilo an die Schale hängen, 25 ehe man sie vom Felsen abreissen würde. Dagegen erschreckt ein kräftiger Hammerschlag auf das Gestein die *Patella* so, dass wir sie leicht unserer Sammlung einverleiben können.

Daneben sitzen Käferschnecken° (*Chiton*), deren Rücken 30

mit acht Kalkplatten gepanzert ist, nicht minder fest wie die Patellen.°

Manche Felsflächen sind ganz überzogen mit den weissen, grauen oder rötlichen Seeblattern° (*Balanus*), welche ihre Kalkgehäuse so fest verschliessen, dass ihnen die Trockenheit nicht schadet. Sie gehören zu der Klasse der Krebse,° leben in ihrer Jugend als kleine Krebschen° im Wasser freibeweglich, dann setzen sie sich fest und bilden jenes zeltförmige Gehäuse von Kalkplatten, das ihren Körper vollkommen umgiebt.

Wenden wir uns jetzt jener Lebenszone zu, welche bei Ebbe noch vom Wasser bespült wird, so finden wir hier ein ungemein reiches Tierleben. Die Mehrzahl der dort lebenden Tiere besitzt die Fähigkeit, sich in die Felsen einzubohren oder an den Felsen festzukleben. Sie begegnen dadurch den Angriffen der Brandung, und wo die Brandung am stärksten ist, wo ihnen die bewegten Wellen am meisten Nahrungsbestandteile zuführen, da gedeihen sie am besten. An einer Klippe, welche der Brandung besonders stark ausgesetzt ist, direkt unter dem Leuchtturm, welcher vorbeifahrende Schiffe vor der gefährlichen Küste warnt, sehen wir ganze Strecken der Felsen von faustgrossen Löchern angebohrt und in jedem Loch bemerken wir den Seeigel,° welcher sich langsam diese Wohnung gegraben hat. (S. Fig. 16 u. 17, S. 87, 88.) Wie viel tausendmal mag er sich in derselben herumgedreht haben, um sich eine solche Höhle zu vertiefen, dass wir nicht einen einzigen hervorzuholen im stande sind, wenn wir nicht mit kräftigem Hammerschlag den Felsen zertrümmern.

Daneben ist der Felsen ganz durchlöchert von den fingerlangen Höhlungen, in denen B o h r m u s c h e l n° hausen. Wir haben die Bohrmuscheln schon kennen ge-

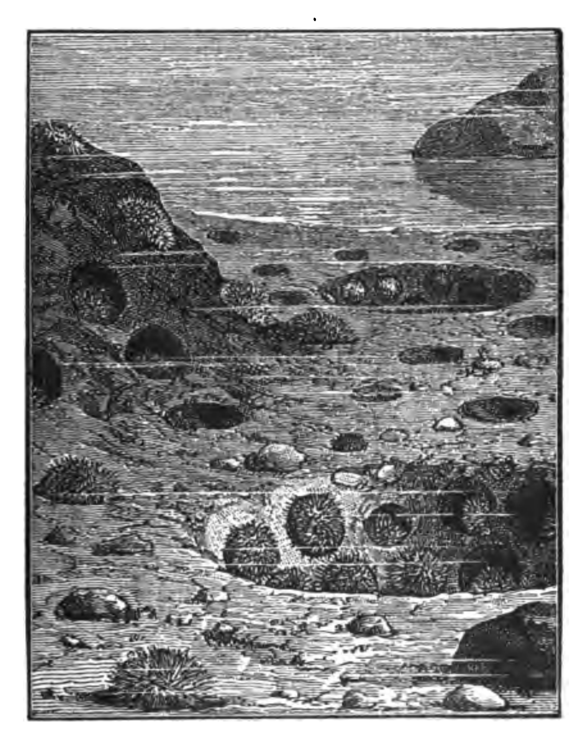


Fig. 16. Strandfelsen mit bohrenden Seeigeln.

lernt bei Besprechung der Strandlinien. Hier mag noch erwähnt werden, dass *Pholas* Kieselkrystalle° in ihrem 5 Fusse hat, welche das Bohren sehr unterstützen mögen, *Lithodomus* dagegen entbehrt derselben und bohrt nur

mit Hilfe ihres fleischigen Fusses. Der ganze Vorgang beruht wesentlich darauf, dass die Gewebe des Muschelfusses ersetzt werden, während das Gestein nicht nachwächst, so dass die geringe Kraft des wetzenden Fusses

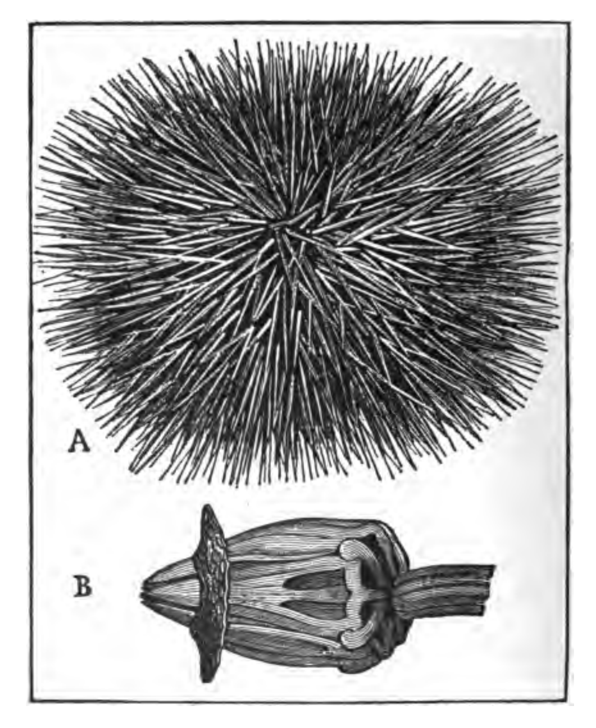


Fig. 17. Der Seeigel und sein Kauapparat.

hinreicht, um selbst in das härteste Gestein ein tiefes Loch hineinzubohren.

Auch Schwämme und Würmer findet man eingebohrt in die Felsen des Strandes.

Viele Strandbewohner kleben sich mit ihrer Kalkschale direkt auf dem Felsen fest. Die spitz zulaufenden, wurmförmigen Röhren° von *Serpula* bedecken Steine und tote Muschelschalen, und an der Küste von Pernambuco[1] ist ein ganzes Riff aufgebaut aus den vielverschlungenen Kalkröhren dieses Wurmes. Mooskorallen° und Riffkorallen wachsen in dichten Rasen° auf felsigem Grunde und Austern bilden ausgedehnte Bänke, indem sich eine Schale auf der anderen anheftet. Von allen Meerestieren ist wohl keins so gut im Binnenlande bekannt wie diese Muschel. Hunderte von Arten leben und lebten in den Meeren der Gegenwart wie der Vorzeit, und dass die Ureinwohner Europas und Amerikas die Auster liebten, davon zeugen die grossen Haufen aufgebrochener Austernschalen, die man an den Küsten findet. An einem unbewohnten Ufer des Potomac, weit unterhalb Washington ist ein Lager von Austernschalen etwa 3 m hoch und 50 m lang.

Gegenüber der grossen Zahl von Meerestieren, welche an felsigen Küsten wohnen, ist die Fauna der Flachküsten ziemlich ärmlich. An dem sandigen Strande der Nordsee können wir lange dahinwandern, ehe wir ein lebendes Tier finden, meist beobachten wir nur ausgeworfene, tote Muschelschalen oder die Reste von Planktontieren,° welche während eines Sturmes an den Strand geschleudert worden sind. Die Mehrzahl der sandbewohnenden Tiere leben im Sande vergraben, so dass sie oberflächlich nicht sichtbar sind und von der Wellenbewegung nicht getroffen werden.

Ein grosser Teil der Muscheln sind Sandbewohner, besonders die mit langen Atemröhren° versehenen Sipho-

naten.° Diese besitzen zwei Röhren,° oft 10 und 30 cm lang (s. Fig. 18), welche sie aus der Tiefe durch den Sand bis zur Wasserfläche heraufstrecken, um durch dieselben zu atmen und Nahrung aufzunehmen. Wenn wir mit einem Spaten den Meeressand tief genug aufgraben,

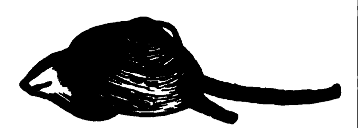


Fig. 18. *Tellina*, links der Fuss, rechts die Siphonen.

so werden wir sandbewohnende Muscheln oder Würmer leicht finden, selbst wenn die Oberfläche des Sandes keine Spuren organischen Lebens zeigte.

Auch manche Fische haben die Gewohnheit, sich in den Sand einzuwühlen, so dass nur die Augen hervorschauen, um die ahnungslos darüber hingleitenden Tiere mit raschem Biss zu erfassen. Andere Fische liegen regungslos auf dem Sande, und ihre Oberfläche ist dann meist marmoriert, während ihre Unterseite° hell und ohne Zeichnung ist. Die bekannten Seezungen° und Schollen° sind solche Sandbewohner, welche dadurch merkwürdig sind, dass ihre Unterseite nicht dem Bauche,° sondern der linken oder rechten Körperseite entspricht. Als junge Fischchen schwimmen sie aufrecht durchs Wasser, dann gewöhnen sie sich an, auf der linken Seite zu liegen. Diese linke Seite wird farblos, während die andere, rechte Seite eine dunkle Zeichnung erhält. Zugleich wandert das linke Auge durch den Schädel hindurch nach der oberen, rechten Seite, so dass die ausgewachsene Seezunge beide Augen auf der rechten Seite hat.

Betrachten wir die allgemeinen Charaktere der litoralen° Existenzbedingungen, so finden wir zuerst die geringe

Tiefe des Wassers, welche eine Reihe von Eigentümlichkeiten der Strandfauna bedingt. Die geringe Wassertiefe begünstigt ein reiches Pflanzenleben, und alle pflanzenfressenden Tiere sind daher auf diese Zone beschränkt. Licht und Luft sind in Überfluss vorhanden, und wirken 5 fördernd auf die Entwickelung der Fauna ein.

Als zweiten Faktor lernen wir die Bewegung des Wassers kennen, welche viele Tiere veranlasst, sich mit besonderen Haftorganen° an die Felsen anzuklammern. Balanus,° Austern, Ascidien° u. a. wachsen auf dem felsigen 10 Grunde fest. Patella,° Chiton,° Haliotis° heften sich mit ihrem fleischigen Fusse an, Mytilus,° Arca° befestigen sich mit Hilfe ihrer Byssusfäden,° Seeigel,° Bohrmuscheln° graben sich Löcher in das Gestein. So ist die Oberfläche der Steilküsten bedeckt mit einer reichen Fauna festsitzen- 15 der Tiere, und keine noch so heftige Brandung vermag dieselben loszureissen.

Die Bewegungen der Gezeiten veranlassen viele solcher festsitzenden Tiere, eine Zeit lang ausser Wasser zu leben, und eine Fülle verschiedenartiger Einrichtungen 20 schützt die Litoralfauna vor der Einwirkung der Trockenheit. Fest schliessen Austern und Mytilus ihre Schalen auf einander, welche an keiner einzigen Stelle klaffen. Litorina° bewahrt ihre Schale durch einen Deckel,° welcher sich so dicht anlegt, dass kein Wasser verdunstet, 25 Actinien° und Korallen scheiden einen Schleim aus, der ihre Oberfläche vor dem Eintrocknen schützt.

Keine andere Region des Meeres zeigt eine solche Mannigfaltigkeit der Existenzbedingungen, wie die Flachsee. Jede Bucht ist von der benach- 30

barten unterschieden; bald ist der Boden steinig, bald mit Sand bedeckt; bald ist die Küste dem Sturm zugänglich, bald bildet sie einen ruhigen Hafen; hier wird sie von Meeresströmungen bespült, dort münden Süsswasserströme hinein; überall wechselt der Charakter des Landes. Eine Folge hiervon ist die grosse Mannigfaltigkeit der Fauna, welche im ganzen Gebiet des Meeres ihresgleichen nicht wieder findet.

12. Die Tiere des Plankton.

Kaum kann es einen grösseren Gegensatz geben, als zwischen den Existenzbedingungen des felsigen Küstengebietes und denen der offenen See. Dort steiniger oder sandiger Boden von verschiedener Konsistenz und Farbe, bedeckt mit üppigem Pflanzenleben, jede Küste anders, jede Bucht von der anderen verschieden, — hier, auf offener See, als einzige Umgebung: blaues, durchsichtiges Wasser, das über die ganze Erde hin seine Beschaffenheit kaum ändert, das nach unten in die dunkelen Abgründe der Tiefsee sich fortsetzt, nach oben begrenzt wird von der reinen, frischen Seeluft.

Kein Wunder, dass infolgedessen die Tiere des Plankton° meist kosmopolitisch sind, dass sie ein ungeheueres Verbreitungsgebiet besitzen, und gegenüber der grossen Verschiedenheit in den biologischen Typen der Flachsee eine merkwürdige Organisationsähnlichkeit besitzen.

Die Tiere des Plankton sind meist glashell durchsichtig,

so dass die Lichtstrahlen fast ungehindert durch ihre Gewebe passieren. Häufig sind daneben blaue Farben und das Blau der *Physalia* oder *Velella* wetteifert mit dem Azur des reinen Seewassers. Bei manchen Planktontieren sind die Augen und der Darmnucleus° mit einem silbernen Überzug versehen, und die kleinen Radiolarien° glitzern wie zarte Sternchen im Seewasser. Wie reizend ist das Blau des kleinen Krebses° *Saphirina*, der seinen Namen wahrlich mit Recht trägt; und nur die mit giftigen Nesselorganen bewaffneten Quallen° bedecken sich oftmals mit bunten Schreckfarben.°

Im Zusammenhang mit der Durchsichtigkeit der meisten Planktontiere steht die Zartheit und der Wasserreichtum ihrer Gewebe. Ein *Cestus Veneris*° von 100 gr schrumpft beim Trocknen zu einem kleinen Körper von etwa 3 gr zusammen, alles übrige war Wasser. So besitzen sie ungefähr das gleiche spezifische Gewicht wie das sie umgebende Seewasser und schweben ohne Mühe in der klaren Flut. Zur Unterstützung des passiven Schwimmens haben sie vielfach hydrostatische Organe, Luft- und Schwimmblasen.° Ein geringes Zusammenziehen des Luftsackes durch zarte Muskeln genügt, um das Tier sofort schwerer zu machen und es langsam in tiefere Wasserschichten zu versenken. Organe für horizontale Fortbewegung besitzen nur wenige Gruppen. Die meisten lassen sich von den Wellen willenlos treiben. Dafür können sie mit Hilfe des hydrostatischen Organes leicht die vom Sturme bewegten obersten Wasserschichten mit den ruhigeren Regionen der Tiefe vertauschen, und solche vertikale, tägliche oder seltnere Wanderungen gehören zu den charakteristischen Eigenschaften des Plankton.

Brennt die Tropensonne zu heftig auf die Wasseroberfläche, türmen sich Wetterwolken auf und erregt der Sturm das glatte Meer, dann versinkt rasch die Planktonfauna in die Tiefe, und leblos scheint die Meeresoberfläche. Wenn aber bei dunkler Sommernacht das Meer ruht und kein Wind seine Fläche kräuselt, dann kommen die Kinder der Tiefe heraufgestiegen, jedes bringt sein mildes Licht mit sich und im Glanze von tausenden der zarten Geschöpfe funkelt das leuchtende Meer bis zum fernen Horizont.

Der leider zu früh verstorbene Zoologe A. Walter machte in der Hinlopenstrasse° auf Spitzbergen[1] die Beobachtung, dass dort eine Meeresströmung in südlicher Richtung verläuft. In diesem Strome leben viele Medusen° (*Codonium*, *Hippokrene*, *Catablema*), die Walter von morgens bis abends 8 Uhr nur in Tiefen von 30 bis 80 m fing. Von abends 9 Uhr ab, bis morgens 6 Uhr fand er dieselben Formen an der Oberfläche des Meeres schwimmend. Diese Thatsache erscheint nicht so wunderbar, wenn wir erwägen, dass die meisten Planktontiere warmer Zonen am Tage in die Tiefe des Meeres versinken, um nachts an die Oberfläche zu steigen. Und da die Meeresströmung der Hinlopenstrasse der letzte Arm eines Golfstromastes ist, so scheint das periodische Wandern des Plankton leicht verständlich.

Aber bei Spitzbergen herrscht im Sommer ununterbrochen Tag; die Mitternachtssonne scheint vom Frühsommer bis zum Herbst, und das periodische Aufsteigen des Plankton erklärt sich nur dadurch, dass jene Golfstrommedusen, die aus südlichen Meeresteilen nach dem Lande der Mitternachtssonne eingeführt wurden, noch mit grosser Zähigkeit an einer in den neuen Heimstätten gänzlich zwecklos erschei-

nenden Gewohnheit festhalten, welche ihnen nur im Tropengürtel von Nutzen sein konnte.

Johannes Müller war der erste, welcher planmässig[1] die schwebenden, kleinen und kleinsten Organismen des offenen Meeres untersuchte, indem er mittels eines feinen 5 Gazenetzes die oberflächlichen Wasserschichten durchsiebte. Er nannte die dabei gefundenen Tiere: „pelagischen° Mulder,“[2] oder „Auftrieb“[3] und diese beiden Ausdrücke wurden allgemein angewandt und sogar in fremde Sprachen aufgenommen, bis Hensen dafür das Wort „Plankton" ein- 10 führte, welches sich rasch allgemein einbürgerte.

Den wichtigsten Anteil an dem tierischen Plankton nehmen die Larven einer grossen Zahl von Tieren, welche im ausgewachsenen Zustande dem Benthos° angehören. Die Larven der Hydroidpolypen° und Korallen, der Muscheln, und 15 Schnecken, Würmer und Ascidien,° aller Seesterne,° Seeigel° und Seegurken° schwimmen frei im Wasser herum, ehe sie sich an eine festsitzende° oder kriechende Lebensweise gewöhnen, und selbst die Larven vieler Parasiten gehören eine Zeit lang dem Plankton an. 20

Man kann sich kaum eine bessere Vorstellung von der Wichtigkeit der Selektionslehre machen, als wenn man im Auftrieb[3] jene ungeheure Menge von Larven beobachtet, welche fern von den späteren Wohnorten der ausgewachsenen Tiere mitten im Meere treiben und von denen der aller- 25 grösste Teil verloren gehen muss, damit einige wenige Auserwählte geschlechtsreif werden. Welche Mannigfaltigkeit mag der Kampf ums Dasein dieser zarten Larven entfalten, welche Fülle von Anpassungserscheinungen bietet die jugendliche Organisation derselben! Bedenken wir sodann, wie das 30

Plankton willenlos dem Zuge der Meeresströmungen unterworfen ist, dann verstehen wir auch erst die Bedeutung der Strömungen für die geographische Verbreitung der Tiere. Die meisten festsitzenden oder kriechenden Tiere haben
5 eine Entwicklungsperiode, wo sie frei beweglich im Meere wandern können und eine ungeheure Zahl von Keimen° werden dadurch immer und immer wieder über alle Regionen des Weltmeeres verbreitet und neue Ansiedelungen ermöglicht.

10 Wenn so alle Tiergruppen einen nicht unwichtigen Anteil an der Zusammensetzung des Plankton nehmen, so sind doch gewisse Ordnungen besonders charakteristische Glieder desselben und besitzen jene ausgeprägten Eigenschaften des Plankton, welche wir eingangs kurz skizzierten.

15 Am längsten bekannt und am gründlichsten untersucht ist das Pelagische° Plankton, der Auftrieb der Meeresoberfläche.

Aus der Gruppe der Infusorien ist am verbreitetsten *Noctiluca miliaris*, ein kleines, rötliches Wesen, das in allen
20 Meeren angetroffen wird. An der Südküste von Helgoland[1] sah ich einmal in einem Streifen von 5 m Breite und 100 m Länge solche Scharen von *Noctiluca*, dass das Wasser wie ein rötlicher Brei aussah. Ein grosses Glas mit diesem Tierbrei gefüllt, leuchtete nach drei Tagen beim Schütteln
25 des Glases noch so intensiv, dass man beim Scheine desselben Buchstaben erkennen konnte.

Die zierlichen Foraminiferen,° deren Kalkschälchen am Meeresgrunde oft in grosser Menge gefunden werden, enthalten etwa zwanzig verschiedene pelagische Arten, unter
30 welchen *Globigerina* und *Orbulina* am verbreitetsten sind.

Im Leben sind die hirsekorngrossen° Schalen mit zierlichen Stacheln° umgeben, welche nach dem Tode des Tieres abfallen. Die mit ungemein formenreichen Kieselschalen° versehenen Radiolarien° leben fast alle im Plankton, und wenn man bedenkt, dass Häckel 4318 Arten beschrieben und abgebildet hat, so kann man sich eine Vorstellung von dem unendlichen Wechsel der Skelettgebilde dieser Tiere machen, deren Körper aus einem kleinen Protoplasmaklümpchen besteht.

Die Quallen° oder Medusen° sind wohl jedem Besucher eines Nordseebades in unangenehmer Erinnerung, denn sie können die Haut schon bei leiser Berühung mit ihren Nesselorganen für mehrere Tage schmerzhaft röten. Medusen von Erbsengrösse bis zu Arten von 50 cm Grösse treten vereinzelt oder in ungeheuren Schwärmen im Plankton auf. Trotz ihrer gallertigen Körperbeschaffenheit sind sie sehr gefährliche Raubtiere und vermögen ziemlich grosse Fische zu betäuben und zu fangen.

Die flachtellerförmige *Aurelia aurita* verschmäht selbst das salzarme Wasser der Ostsee° nicht, und ich sah sie in grossen Schwärmen sogar im Bosporus bei Konstantinopel.

Verwandt mit den Medusen sind die Siphonophoren,° nur dass die einem zarten Blumenstrauss ähnelnden Tiere eine ganze Tierkolonie darstellen. Am oberen Ende des Stockes° befindet sich eine luftgefüllte Blase, mit deren Hilfe der Stock im Wasser aufrecht getragen wird. Darunter folgt oft eine Serie von Schwimmglocken,° welche durch rhythmisches Zusammenziehen horizontale Schwimmbewegungen ausführen. Dann folgen Fresspersonen,° deren einzige Aufgabe ist, den Stock zu ernähren; Nesselfäden,°

welche den Stock gegen Feinde schützen; männliche und weibliche Personen,° welche die Fortpflanzung vollziehen. Alle diese verschiedenen Tiere sind zu einem einzigen Körper vereinigt, und repräsentieren ein einziges Wesen. Bei *Physalia* ist die schön blau gefärbte, birnenförmige Schwimmblase° bis 10 cm gross; die oft 5 m langen Fangfäden° nesseln so kräftig, dass das Gift durch die dickste Haut dringt und heftige Entzündungen hervorruft. Eine andere Gattung *Velella*, ebenfalls schön blau gefärbt, wird oft zu tausenden an der Meeresoberfläche getroffen. Auf einem 4 □cm grossen, horizontalen Flachkörper erhebt sich ein dünnes Knorpelblatt,° mit dessen Hilfe sie unter dem Winde segeln.

Nachdem wir das Plankton° der Meeresfläche kennen gelernt haben, ist es unsere Aufgabe das zonarische° Plankton der mittleren Wassertiefen zu besprechen.

Den meisten Reisenden wird es auf See auffallen, dass die Zahl der nächtlich leuchtenden Tiere unendlich viel grösser ist als die Zahl der Planktontiere, welche am Tage die Meeresfläche bevölkern. An drei auf einander folgenden Abenden fand Chierchia das ganze Meer so erfüllt mit *Pyrosoma*, dass jeder Netzzug hunderte heraufbrachte, während an den dazwischen liegenden Tagen kaum ein Exemplar gefangen wurde. Mit Recht schloss Chierchia daraus, dass die *Pyrosoma* am Tage tiefere Wasserschichten aufsuchen; und da auch andere Planktontiere solche Wanderungen nach der Tiefe auszuführen scheinen, da man im Stillen° Ozean bei fast jeder Tiefseelotung bemerkte, dass in einer Tiefe von 1000 m die Fangfäden° unbekannter Siphonophoren° am Lotdraht hingen, so konstruierte Kapitän

Palumbo ein Netz, welches sich in bestimmter Wassertiefe öffnet, und beim Beginn des Wiederheraufholens eine kleine Flügelschraube° in Bewegung setzt, welche das Netz rasch schliesst. Mit diesem Schliessnetz° wurde in verschiedener Tiefe gefischt, und es ergab sich das wichtige Resultat, dass in den mittleren Wasserschichten ein zonarisches° Plankton lebte. Häckel, Murray u. a. hatten dieses schon früher vermutet. Palumbo brachte den ersten, exakten Beweis dafür, und als Chun später das Palumbo-Netz verbesserte und methodische Untersuchungen im Mittelmeer° anstellte, fand er überall die sicheren Beweise dafür, dass nicht nur ein zonares° Plankton vorhanden ist, sondern dass auch das pelagische° Plankton in einer periodischen Wanderung nach und aus der Tiefe begriffen ist.

Neuere Untersuchungen von A. Agassiz haben zwischen Kalifornien und den Galapagos° ergeben, dass dort die mittleren Wassertiefen tierleer sind, dass sich das pelagische Oberflächenplankton bis 400 m Tiefe, das Plankton des Meeresgrundes 100 m nach oben verfolgen lässt, dass aber dazwischen keine Tiere erbeutet werden konnten. Daraus geht hervor, wie verschiedenartig sich verschiedene Meeresteile verhalten, und es wird noch langer Untersuchungen bedürfen, bis diese Probleme endgültig gelöst erscheinen.

V. Hensen hat die Frage nach der Bedeutung des Plankton im Haushalt der Natur zum Vorwurf ausgedehnter Untersuchungen gemacht.

Der Fürst Albert von Monaco hat darauf hingewiesen, welche Bedeutung das Plankton insofern gewinnen kann, als schiffbrüchige Seeleute mit Hilfe eines Gazenetzes sich leicht so viel Planktontiere sammeln können, dass sie die Gefahr des Hungertodes von sich abwenden.

So interessant die Organisation der Planktontiere ist, so fesselnd die chorologischen° Probleme der Planktologie erscheinen, so wird doch stets das nächtliche Leuchten des Plankton am leichtesten die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, und die meisten Menschen interessieren. Die Schönheit, welche das Meer am Tage entfaltet, wird doch immer übertroffen werden von dem milden Glanze des Meerleuchtens in stiller Nacht, wenn tausende von kleinen Funken das Wasser illuminieren oder wenn der unbeschreibliche Glanz des Milchmeeres die ganze Wasseroberfläche leuchten lässt.

Blickt man vom Bord des Schiffes in den Strudel, welchen die Schraube in Wasser erzeugt, so scheint das ganze Wasser von einem diffusen Licht erleuchtet. Daneben erkennt man kleinere und grössere Lichtpünktchen und endlich grössere, leuchtende Flecke. Während es sehr leicht ist, die Ursache dieser leuchtenden Körper in den verschiedenen Tieren des Plankton wieder zu erkennen, ist der Träger des diffusen Meerleuchtens nicht immer nachzuweisen. Das Meer kann weithin milchweiss glänzen, und wenn wir ein feines Netz durchs Wasser ziehen, so finden wir nur wenige Tiere darin.

Bekanntlich hat man vor einigen Jahren leuchtende° Bakterien° im Seewasser entdeckt, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass ein Teil des diffusen Leuchtens von solchen Bakterien herrührt. Dieselben Bakterien rufen auf verwesenden Fischen ein sehr helles Leuchten hervor, so dass die Vermutung nahe liegt, dass verwesende Teile, im Seewasser enthalten, Meerleuchten hervorbringen. Endlich hat man beobachtet, dass manche Meerestiere einen leuchtenden Schleim abscheiden. Von den Bohrmuscheln° ist dieser

leuchtende° Schleim längst bekannt, Chierchia hat denselben bei kleinen Krebschen° im Roten Meere beobachtet, und ich habe im Indischen Ozean, an der Insel Ramesveram,[1] hunderte kleiner Würmer beobachtet, welche, indem sie durchs Wasser schwammen, zwei leuchtende Streifen von 2 bis 3 m Länge hinter sich her zogen. In ein Glas mit Seewasser gethan, gaben sie so viel Schleim von sich, dass das ganze Glas in dunkler Nacht einige Minuten lang milchweiss schimmerte. Und so scheint es wohl, dass auch leuchtender° Schleim einen Anteil an dem diffusen Licht des Meerleuchtens nimmt.

Verschiedene Tiere geben ein sehr verschieden gefärbtes Licht von sich. Bald ist es gelb, bald bläulich, bald smaragdgrün, bisweilen wechseln die Farben mit einander ab, und oft ist das Licht nicht über den ganzen Körper verbreitet, sondern an gewissen Leuchtorganen, die wir bei Tiefseefischen noch kennen lernen werden, lokalisiert.

13. Die Korallenriffe.

Die rote Edelkoralle, welche als Schmuckgegenstand viel verarbeitet wird, ist das kalkige Innengerüst eines koloniebildenden Tieres (s. Fig. 19, S. 102), welches häufig im Mittelmeer,° sowie an den Cap Verden[2] und bei Japan in Tiefen von 50 bis 200 m auf felsigem Meeresgrunde gefunden wird. Über hundert Fischerboote gehen alljährlich von Torre del Greco[3] aus, um an den Küsten von Sardinien,° Sizilien,° Tunis und Algier nach den kleinen, karminroten Korallenbäumchen zu fischen.

Auch bei Amalfi, in der Nähe der kleinen Sireneninseln, kann man im Sommer Capreser° Fischerboote sehen, welche auf den 200 m tief liegenden Klippen nach Korallen fischen. Ein grosses Balkenkreuz,° mit Werg, Segeltuch und Ketten behangen, wird in die Tiefe gelassen und bleibt eine Nacht lang am Meeresgrunde. Die Bewegung der Wellen schiebt das Kreuz langsam über die mit Korallen bewachsenen Felsen. Die Korallenbäumchen verwickeln sich in den Wergzöpfen, werden abgebrochen, und wenn das Kreuz heraufgewunden ist, kann man sie leicht herauslösen. Sehr reich an Edelkorallen ist eine Untiefe bei Sciacca an der Südküste von Sizilien, doch sind alle dort gefundenen Korallen abgestorben, haben daher wenig Glanz und geringen Verkaufswert. Die besten Korallen sind die rosaroten, doch sind auch dunkelrote wertvoll, wenn sie nicht einen gelblichen Schein haben.



Fig. 19. Die Edelkoralle (*Corallium rubrum*).

Die Edelkoralle wird nur an den erwähnten Lokalitäten gefunden, und fehlt auf den Korallenriffen der tropischen Meere. Statt ihrer findet man hier eine grosse Zahl Korallengattungen und hunderte von Arten in einer staunenswerten Individuenmenge, welche zwar mit der Edelkoralle verwandt sind, aber doch eine ganz andere Organisation besitzen. Der Bau der Polypen, die Struktur des Skelettes weicht so

gründlich von derjenigen der Edelkoralle ab, dass beide ganz anderen Typen angehören. Statt der roten Farbe herrschen auf den Korallenriffen grüne und braune Farben vor, das Skelett ist weiss, der Fleischüberzug sehr dünn. Während die Edelkoralle nur von einer kleinen Zahl von Korallenpolypen besetzt ist, bestehen die Stöcke° der Riffkorallen aus tausenden kleiner Polypen und erreichen ganz ansehnliche Dimensionen. *Porites*-Stöcke von 2 m Höhe und 3 m Durchmesser sind an der Küste von Südindien in Menge zu beobachten und die aus unzähligen, zarten, dichtgedrängten Ästen bestehenden Madreporen° bilden Schirme° von einem halben Meter Höhe und drei Meter Dicke (Fig. 20, S. 104).

Diese Korallen überziehen den Meeresgrund auf grosse Strecken, setzen tausende von Korallenriffen zusammen und bilden Inseln von mehreren hundert Metern Dicke. Die meisten Inseln des Indischen und Stillen° Ozeans, des Roten Meeres und des nördlichen Antillenarchipels° sind Koralleninseln.

Betrachten wir die Umrisse und die horizontale Form dieser Korallenriffe und Inseln, so kann man leicht verschiedene Typen unterscheiden.

Am häufigsten sind die unregelmässigen, kleinen Riffe, welche an den Küsten der Inseln oder Festländer überall im seichten Wasser auftreten, untermeerische Klippen überziehen oder auf einzelnen Steinen mitten im Schlamme entstehen und sich allmählich seitlich ausbreiten. Das nördliche Rote Meer, die Javasee, die Torresstrasse° sind so erfüllt von solchen kleinen, isolierten Riffen, dass sie der Schiffahrt leicht Gefahr bringen.



Fig. 20. Ein Korallenriff im Roten Meere.

Wenn solche Riffe einen kontinuierlichen Saum längs der Küste bilden, so nennt man sie Saumriffe.° Dieselben können eine ansehnliche Breite erreichen und werden von tieferen Kanälen überall durchschnitten, wo ein Fluss oder Bach ins Meer einmündet und das Wachstum der Korallen hindert.

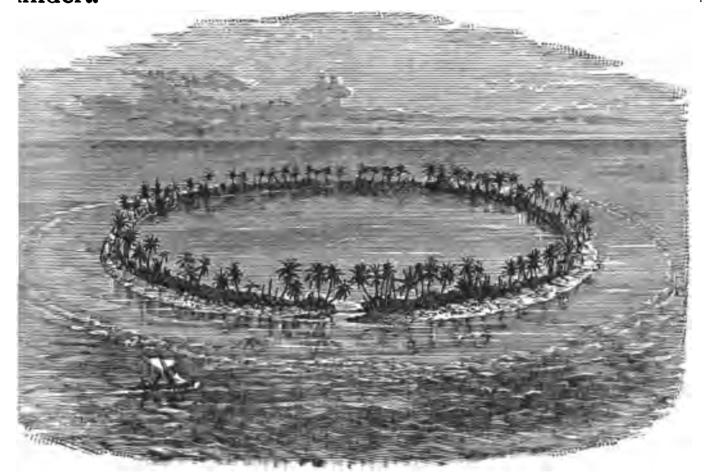


Fig. 21. Ein Atoll im Stillen Ozean.

Befindet sich zwischen dem Riffband und der Küste eine breite Wasserstrasse, während der Meeresboden von der äusseren Riffkante zu grosser Tiefe abfällt, mit anderen Worten, wenn das ganze Gebiet der Kontinentalstufe° von einem ununterbrochenen Riff besetzt wird, so spricht man von einem Barriereriff,° wie es an der Nordostküste von Australien wohl entwickelt ist.

Die seltsamste Art der Korallenriffe sind jedoch die Atolle° (s. Fig. 21): kreisförmige Riffringe, welche nach

aussen tief und steil abfallen, während sie einen flachen, wassererfüllten See, die sogenannte Lagune, umschliessen. Rings um die Aussenkante des Atolls brechen sich die Wellen, während der Spiegel der Lagune friedlich und ruhig bleibt, so dass die Kronen der Palmen, welche das niedrige Atoll bewachsen, sich klar und rein abspiegeln in dem inneren See.

Mannigfaltig, wie die horizontale, ist auch die vertikale Skulptur der Korallenriffe. Die Saumriffe erheben sich nur wenige Meter über den seichten Meeresboden, dagegen steigen die Barriereriffe und Atolle meist mit steilen, bisweilen sogar fast senkrechten Wänden aus Tiefen von über 1000 m empor.

Die Riffkorallen sind Bewohner des seichten Wassers, sie gedeihen in Tiefen von 1 bis 20 m, und es ist daher leicht verständlich, dass wir Korallenansiedelungen längs der Küsten und in flachen Meeren finden.

Am leichtesten zu erreichen, und in schönster Farbenpracht entwickelt, finden wir die Saumriffe an den Küsten der Sinaihalbinsel.° Von dem kleinen Orte Tor haben wir nur wenige Schritte bis zum Meer. Ein smaragdgrüner Saum von 300 m Breite zieht sich längs des Ufers hin; es ist das Korallenriff, das an dem dunklen Blau des tieferen Wassers scharf abschneidet. Rasch wandern wir durch das fusstiefe Wasser dem Riff zu; und indem die Tiefe zunimmt, stellen sich auch, mitten im weissen Sande, die ersten Korallenstöcke ein. Es ist die Gattung *Stylophora*, die Griffelkoralle,[1] deren fusshohe Stöcke° aus rotgelben, fingerdicken Ästen besteht. Noch sind die Korallen sehr vereinzelt und zwischen ihnen auf dem Sande bemerken wir

tausende von schwarzen Seeigeln,° deren Stacheln° leicht in unsern Fuss dringen, weshalb wir langsam und vorsichtig weiterschreiten. Das Wasser wird metertief, und die Korallenstöcke werden zahlreicher und mannigfaltiger. Hier sehen wir die olivenbraunen Schirme° der *Madrepora*, dort die klumpenförmige, braune, mit spangrünen Streifen versehene Kolonie einer *Cöloria*. Und während die *Stylophora* immer seltener wird, nehmen die *Madrepora* immer mehr an Zahl und Grösse zu, bis wir endlich in einem bunten Korallengarten stehen (s. Fig. 20). Wie in einem englischen Park zwischen blühenden Buschgruppen und buntfarbigen Blumenbeeten sich sandbedeckte Wege verschlingen, die sich bald zwischen hohen Büschen verschmälern, bald zu kiesbedeckten Plätzen erweitern oder in eine schattige Grotte münden, so verhalten sich die sandbedeckten Riffgebiete zu den bunten Korallenkolonien. In den inneren, der Küste nahen Riffteilen wandelt man zwischen flachen Korallenbeeten in 1 m tiefem Wasser umher; nach aussen zu, da wo das Riff mit steiler Kante gegen das tiefere Meer abstürzt, werden die Korallenkolonien zu 2 bis 3 m hohen Gruppen, und der Sand nimmt engere Räume ein.

Wichtig für den Gesamtbau der Riffe am Roten Meer ist es, dass die zahlreicheren und charakteristischen Korallenstöcke in ihrer vertikalen Höhe eine gewisse Grenze nicht überschreiten und sich dafür schirmförmig, oft mehrere Meter ausbreiten. Dadurch wird die Oberfläche des Riffes treppenförmig gestaltet; eine Schirmplatte setzt sich auf die andere und man ersteigt die obere Grenzfläche auf einzelnen Stufen. Die schirmförmige Gestalt der wichtigsten Riffkorallen hat ihren guten Grund:

Tausende kleiner Polypen sprossen aus einander hervor, und bilden den Korallenstock, ein festes Kalkgerüst verbindet die einzelnen Tierchen und das Individuum vermag seinen Standort nicht zu wechseln. Wohl kann es mit seinen zarten Fangarmen ein kleines Nachbargebiet tastend durchgreifen,[1] aber dem Nahrungserwerb ist durch die festsitzende° Lebensweise eine Grenze gesetzt. So sind jene Milliarden° kleiner Polypen, welche das Korallenriff bilden und bewohnen,[2] darauf angewiesen,[3] dass die Welle ihre Nahrung herbeiträgt. Ein bewegtes, stets mit frischer Nahrung erfülltes, reines Wasser ist daher die notwendige Voraussetzung jedes Korallenlebens, deshalb ist das Korallenriff überall da unterbrochen, wo ein Bach mit süssem Wasser ins Meer mündet, oder wo durch die Brandung ein schlammiger Boden stets aufs neue aufgewühlt wird.

Indem sich die Einzelpolypen zum Stocke° vereinigen, gewähren sie sich gegenseitig einen mechanischen Schutz, und je stärker die Welle daherbrandet, desto enger und gedrängter müssen sie sich zum Stock verbinden; dem horizontalen Stoss des Wassers muss der Stock möglichst geringen Widerstand bieten und zugleich so gebaut sein, dass allen ihn zusammensetzenden Einzeltieren die Nahrung möglichst gleichmässig zugeschwemmt wird. Daher sind die meisten Riffkorallen schirmförmig gebaut, eine Gestalt, welche viel Oberfläche und wenig seitlichen Widerstand bietet.

Ein unendlich reiches Tierleben findet sich zwischen den Korallenstöcken und zwischen den Ästen jedes einzelnen Stockes. Fast alle Tierklassen finden wir hier vertreten und unzählige Individuen bewohnen das Riff. Der Naturforscher, dem es vergönnt ist hier tage- und wochenlang

zu sammeln, wird von jeder Exkursion mit neuen Schätzen heimkehren, und je länger er sammelt, desto mehr wird er finden und beobachten. Sobald erst einmal das Auge geschult ist, die oft von ihrer Unterlage° kaum zu unterscheidenden[1] Tierformen zu erkennen, wenn man erst die Schlupfwinkel und versteckten Wohnplätze herausgefunden hat, dann wird die Ausbeute immer reicher. Foraminiferen° und Schwämme, Polypen und Milleporiden,° Seesterne° und Seeigel,° graziöse Seelilien° und seltsame Schlangensterne,° Muscheln und Schnecken, Krebse° und Fische gross und klein sehen wir zwischen den Korallen, und die *Tridacna*-Muschel, deren Schalen mehrere Zentner schwer werden, sitzt in vielen Exemplaren in tiefen Löchern, so dass nur der spangrüne Mantelsaum ihre Anwesenheit verrät. Jeder Stein ist bedeckt mit Krusten von Moostieren,° Ascidien° und Schwämmen, Seeigel mit langen Stacheln° sitzen tief in selbstgegrabenen Höhlungen und wie Colibris um die Blumen tropischer Pflanzen spielen, so schweben neckische, kleine, goldene, purpurn und azurblau gefärbte Fischchen um die Korallenstöcke.

Die meisten dieser Riffbewohner bilden innere oder äussere Kalkschalen, und nach dem Tode der Tiere liegen die mit verwesendem Fleisch erfüllten Skelette am Meeresboden.

So würde sich bald der Meeresgrund mit verderbenden Abfallstoffen bedecken, wenn nicht tausende von kleinen und grossen Krebsen das Riff bewohnten. Keine Tierleiche sinkt am Meeresboden nieder, die nicht sofort von allen Seiten Krebse anlockte. Mit bewunderungswerter Schnelligkeit zerzupfen sie das Fleisch, zerreissen und zer-

brechen die Skelette, und holen mit ihren Kaufüssen° aus den kleinsten Stückchen und Ecken noch Fleischreste heraus. Jeder sterbende Seeigel, jede Muschel, jede Schneckenschale, jeder Fisch wird von ihnen zerkleinert; und mit ihren kräftigen Scheren° zerbrechen sie selbst die dickeren Schalen. Sie schonen selbst ihre eigenen Verwandten nicht, zerbrechen den Panzer° ihrer abgestorbenen Genossen, um die letzten Spuren organischer Substanz herauszusuchen.

Hierdurch aber leisten die Krebse (und manche Raubfische mit breiten Zähnen) eine geologisch hochwichtige Arbeit, denn sie schaffen auf diese Weise den scharfkantigen Kalksand,° welcher auf dem lebenden Riff grosse Flächen bedeckt, der fast alle Lücken erfüllt und aus dem ästigen Gefüge der Korallenstöcke eine homogene, lückenlose Kalkmasse bildet.

So sehen wir das Riff gebildet aus zwei verschiedenen Arten von Baumaterial. Auf der einen Seite haben wir die Korallenstöcke kennen gelernt, welche auf einander sich aufsetzend hohe Kalkblöcke bilden; und auf der andern Seite den Muschelsand,° entstanden aus Kalkschalen durch die Thätigkeit der Krebse, welcher alle Lücken und Höhlungen auf dem Riff ausfüllt.

Lange Zeit hat man ohne sicheren Beweis angenommen, dass die Atolle° und Barriereriffe° ebenso wie die Saumriffe° von unten bis oben auf die eben beschriebene Art aus Korallen und Muschelsand aufgebaut werden, dann hat man diese Annahme wieder bezweifelt, bis neuerdings durch Brunnenbohrungen auf Koralleninseln nachgewiesen wurde, dass dieselben 300 und mehr Meter tief ganz aus Korallengestein bestehen.

Aber wie ist es möglich, dass ein Korallenriff 300 m dick wächst, wenn die Riffkorallen nur im Seichtwasser gedeihen?

Diese Frage legte sich Darwin vor, als er auf seiner Erdumsegelung die Atolle des Stillen Ozeans untersuchte. Und Darwin gab als Antwort: Wenn[1] sich der Meeres- 5 boden senkt.

Indem durch Senkung des Meeresbodens der Abstand zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche sich immer mehr vergrössert, können die Korallen immer weiter bauen und ein sich immer mehr verdickendes, mächtiges Korallen- 10 riff bilden. Sie bleiben dabei immer in der für ihr Gedeihen so günstigen Litoralzone, und können doch dabei nach oben immer höher wachsen.

Wenn wir bedenken, dass es aber ausser der Senkung des Meeresbodens noch andere Ursachen geben kann, welche 15 den Abstand zwischen Meeresgrund und Meeresoberfläche vergrössern, nämlich ein positives Oszillieren des Meeresspiegels, so müssen wir auch diesen Faktor als wichtig für die Riffbildung hier erwähnen.

Obwohl es somit, unseres Erachtens,[2] Darwin gelungen ist, 20 die Dicke gewisser Korallenriffe zu erklären, so harrt doch noch ein anderer, nicht minder wichtiger Charakter der Korallenriffe, nämlich die Atollform, ihrer Erklärung.

Die Atolle kommen in ungeheurer Zahl in tropischen Meeren vor. Der Sultan der Malediven[3] heisst „König 25 der dreizehn Atolle", denn dieser ganze Archipel besteht nur aus grossen und kleinen Kreisriffen. Darwin suchte auch die kreisförmige Gestalt der Atolle durch eine Senkung des Meeresbodens zu erklären, allein es scheint, dass diese Erklärung nicht allen Thatsachen gerecht[4] wird und 30

dass auch chemische und biologische Vorgänge eine Rolle
dabei spielen.

Über das Wachstum der Korallen und Korallenriffe liegen
bisher nur unvollkommene Beobachtungen vor. An den
5 Antillen° hat man beobachtet, dass Korallen in einem Jahre
7 cm lang gewachsen sind. Korallen, welche sich auf flach-
liegenden° Telegraphenkabeln festgesetzt haben, sprechen
ebenfalls für ein rasches Wachstum, doch sind hier noch
viele Fragen für fernere Forschung offen.

10 Wie wir schon erwähnt haben, bevorzugen Riffkorallen
eine geringe Meerestiefe, und gedeihen am besten in 2 bis
10 m, doch findet man vereinzelte Stöcke° auch bis 80 m
tiefe. Es scheint nicht nur die Bewegung, sondern auch
die Durchlichtung des Wassers eine notwendige Vorausset-
15 zung des Riffwachstums zu sein. Viele Riffkorallen sind
geradezu lichthungrig, und das Wachstum der Stöcke er-
folgt in der Weise, dass sie immer nach den belichtetsten
Regionen zu[1] streben.

Infolgedessen bilden sich auf dem Riff tiefe Höhlen und
20 vielverschlungene Kanäle, und wer zum erstenmale auf
einem Boot über die farbenprangenden Gärten eines Koral-
lenriffes hinwegrudert, dem fallen besonders die tiefen
Lücken ins Auge, welche zwischen den Korallenkolonien
sich öffnen. Bald zeigt die Wassersäule, welche sie erfüllt,
25 vollkommene Ruhe und erlaubt dem Auge in die Tiefe hin-
einzudringen, und alle die seltenen Korallen zu studieren,
welche die Wände der Rifflücke bekleiden — bald deutet
das Auf- und Niederwogen des Wassers an, dass die Höhle
untermeerisch mit dem Meere in Verbindung steht, und
30 jede brandende Woge von unten hereindringen kann. In

diesen Rifflücken lebt am prächtigsten entfaltet die bunte Gesellschaft der riffbewohnenden Tiere, stachelige° Seeigel° sitzen in Vertiefungen versteckt, Seesterne° klettern an den Wänden empor, farbenprächtige Schnecken weiden in den Algenrasen, Krebse° und Fische spüren räuberisch umher.

Nicht alle diese Rifflücken werden von dem Kalkmuschelsande ausgefüllt, manche bleiben offen bis das Riff durch eine negative Strandverschiebung° trockengelegt wird, und wenn wir auf versteinerten Korallenriffen ausgedehnte Höhlen finden, ausgekleidet mit Tropfsteinen[1] und Stalaktiten, so erkennen wir in ihnen die Lücken des lebenden Riffes wieder.

Die Riffkorallen sind sehr stenotherme° Tiere, grosse Temperaturschwankungen können sie nicht ertragen und sie sterben ab, sobald die Temperatur des Meeres unter 20° C sinkt. Die Linie einer Minimaltemperatur° (Isokryme°) von 20° C begrenzt also die geographische Verbreitung der Korallenriffe. Und wenn wir den Verlauf dieser Linie auf unserer Welt-Karte verfolgen, so sehen wir zugleich, wie die Isokryme durch Meeresströmungen beeinflusst wird. Denn die Bermudas unter 33° N. Br. werden von dieser Linie noch umschlossen, weil das warme Wasser des Golfstromes soweit nach Norden vordringt, während auf der Südwestküste von Afrika der kalte Benguelastrom° die Entwickelung von Korallenriffen hindert. Ganz das gleiche Bild begegnet uns im Pazifik, wo die Kuro-Schio-Strömung[2] eine Ausbuchtung° nach Norden, der kalte peruanische° Strom aber eine Einbuchtung° der Isokryme nach dem Äquator zu veranlasst.

14. Die Bewohner der Tiefsee.

Die Tiefsee ist lichtlos, kein Sonnenstrahl dringt in ihre geheimnisvollen Abgründe hinein, denn alles Sonnenlicht wird in den oberen Wasserschichten vollkommen absorbiert. Pflanzenleben aber ist ohne Licht undenkbar, deshalb
5 hat noch kein Dredgezug auch nur eine einzige chorophyllhaltige Pflanze heraufgebracht. Weder Algen noch Tange, noch Seegräser bedecken den Boden, keine Planktonalgen schwimmen in dem Wasser, kein Pflanzenfresser findet sich unter den Bewohnern der abyssalen° Gründe.
10 Damit fallen auch alle diejenigen Anpassungserscheinungen an die Pflanzenwelt weg, die wir in früheren Abschnitten bei der Flachsee schildern konnten.

Eine reiche Fauna, reich an Individuen und an Formen, lebt in der Tiefsee — aber wovon lebt sie, wenn keine Pflan-
15 zen dort gedeihen? woher kommt die Nahrung der Tiefseetiere?

Wir können in unseren Betrachtungen nicht weiter gehen, ehe wir nicht diese prinzipielle Frage erledigt haben. Schon mehrfach haben wir darauf hingewiesen, dass alles Leben auf
20 der Erde an die Existenz der Pflanzenwelt und des Sonnenlichtes geknüpft ist. Beides fehlt der Tiefsee, und dennoch wimmelt sie von Tieren. Da die Tiefsee keine Pflanzen ernähren kann, so gleicht sie einem Industrieland, das seine Nahrungsmittel nicht selbst dem Boden abgewinnt, sondern
25 auf den Import von auswärts angewiesen[1] ist, das in ökonomischer Abhängigkeit von einem ackerbautreibenden Lande steht. Schon von diesem Gesichtspunkte aus ist es ganz undenkbar, dass die Tiefseefauna eine ursprüngliche Lebens-

einheit[1] darstellt, denn nur von pflanzenerzeugenden Regionen aus[2] konnte sie besiedelt° werden, nur von diesen aus erhält sie ihre Existenzmittel.

Es werden also, im Grunde genommen,[3] alle Nahrungsbedürfnisse der Tiefsee: der für die Atmung unerlässliche Sauerstoff,° und ebenso die mannigfachen Produkte des pflanzlichen Stoffwechsels,° in der Flachsee gebildet und von hier nach den Regionen der Tiefe transportiert.

Die Tiefseetiere sind entweder beschauliche Schlammbewohner, welche den Schlick des Meeresgrundes fressen, um ihm alle nährenden Bestandteile zu entnehmen, oder aber es sind räuberische Fleischfresser, welche von den Schlammfressern sich nähren.

Vielen Fischen der Tiefsee sieht man schon auf den ersten Blick (s. Fig. 22, S. 116) ihre räuberische Lebensweise an. Ein grosser, mit langen, krummen Zähnen besetzter Rachen, ein weiter Schlund, ein dehnbarer Magen kennzeichnet die gefährlichen Gesellen. Dagegen scheinen andere Tiefseefische mit fast zahnlosem Kiefer oder mit weisslich-gelblicher Hautfarbe mehr ihr Leben im Schlamme zu verbringen.

Während die Seerosen° der Flachsee um ihren Schlund einen Kranz von vielen Fangarmen besitzen, welche die vorbeischwimmende Beute erfassen und dem Munde zuführen, sind die Tentakel mancher Tiefseeanemonen zu kurzen Warzenansätzen eingeschrumpft,° welche durchbohrt sind, so dass durch diese Kanäle das schlammhaltige Wasser in den Magenhohlraum hineinfliessen kann.

Der Mangel des Lichtes in der Tiefsee hat aber auch andere, direkte Veränderungen der Tiefseetiere zur Folge.

Bekannt ist es, dass Spinnen und Asseln, welche in Höhlen leben, ihre Augen verlieren. Bald schrumpfen die Augen zu kleinen, unbrauchbaren Organen zusammen, bald vermisst

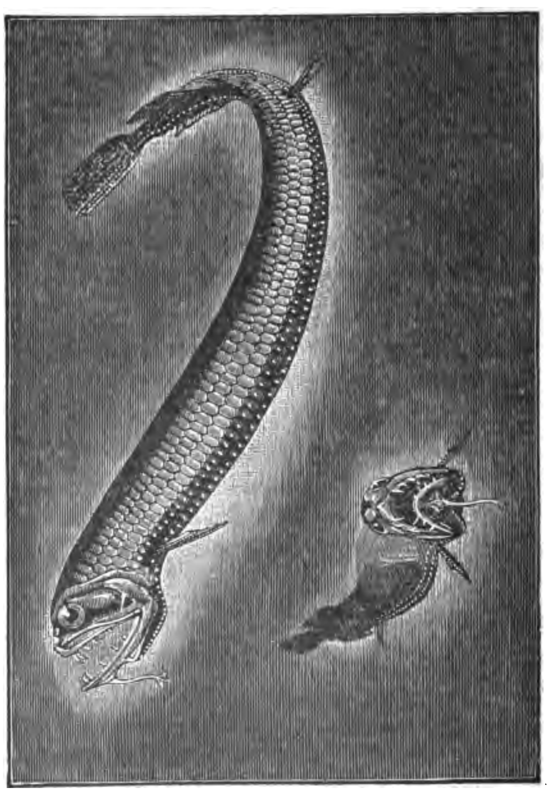


Fig. 22. Leuchtende Tiefseefische.

man jedes äussere Sehorgan. Auch die Tiefseetiere zeigen in vielen Fällen eine solche Verkümmerung ihrer Augen. So ist der 12 cm lange Krebs *Willemoesia*, ebenso wie der

Thaumastocheles augenlos; auch mehrere Tiefseefische zeigen die allmähliche Reduktion des Sehorganes, indem die einen kleine Augen haben, andere vollkommen blind sind.

Um so auffallender ist es, dass andere Tiefseefische ungeheuer grosse Augen haben. Man hat die Vermutung ausgesprochen, dass bei der Einwanderung in die Tiefsee die mit schwachen Augen versehenen Gattungen allmählich ihr Sehvermögen einbüssten, während die mit scharfen Augen begabten Formen ihr Auge vergrösserten, um die geringen Lichtmengen der Tiefsee noch wahrnehmen zu können. Mag dem sein, wie es will, jedenfalls widerspricht die Hypertrophie° solcher Fischaugen keineswegs der Thatsache, dass kein Tageslicht in jene Tiefen dringt, denn viele, vielleicht alle freibeweglichen Tiere der Tiefsee sind mit lebhaft glänzenden Leuchtorganen versehen.

Schon die Beobachtung des Verlaufes des Meeresleuchtens und des Auftretens der dasselbe hervorrufenden Planktontiere zeigt mit aller Deutlichkeit, dass die leuchtenden° Tiere am Tage in den tieferen Wasserschichten leben, wo sie jene geringe Erleuchtung ihrer Umgebung finden, welche nachts auch an der Meeresoberfläche herrscht. Ob das Leuchtvermögen des Planktons° eine Anpassungserscheinung an das nächtliche Dunkel der Meeresoberfläche oder an die dauernde Dunkelheit der Tiefsee ist, dieses Problem dürfte kaum zu entscheiden sein; jedenfalls aber steht diese Eigenschaft in engstem, ursächlichem Zusammenhang mit dem Mangel des Lichtes, und es nimmt uns nicht Wunder, wenn man bei vielen Tieren der abyssalen° Gründe ein hochentwickeltes Leuchtvermögen beobachtet.

Die Farbe der meisten Tiefseefische ist einförmig schwarz.

Am Körper verteilt findet man eigentümliche, drüsige Organe, welche bald Flecken, bald Linien, bald einzelne Punkte bilden. Bei *Argyropelicus* sind sie am Unterkiefer, bei *Opostomias* an Barteln,° bei *Halosaurus* am Kiemendeckel,° bei *Malacosteus* unter dem Auge angebracht. Mehrere Male hat man beim Fang dieser Tiefseefische das Leuchten der Organe (s. Fig. 22) bemerkt und einen gelben, von einem grünlichen Schimmer deutlich unterscheiden können.

So gleichen die Raubfische der Tiefsee einem Kriegsschiff, das neben seinen Angriffswaffen mit einem weithin strahlenden Scheinwerfer° versehen ist, welcher alles Wasser in der Umgebung gut erleuchtet und den Angriff erleichtert.

Neben dem Lichtmangel *besitzt die Tiefsee eine gleichmässige, niedrige Temperatur.* Alle Nachteile des Lichtmangels, des mangelnden Pflanzenlebens, des grossen Druckes u. s. w., welche in der Tiefsee herrschen, werden aufgewogen durch diese sich immer gleichbleibende Wärme. Die absolute Höhe der Wärme ist ja gleichgültig für die Tiere der Tiefsee, denn alle besitzen keine Eigentemperatur, wie die Landtiere, sondern sie sind wechselwarm° und ihre Körpertemperatur reguliert sich nach der Temperatur ihrer Umgebung. Alle die lebendige Kraft, welche Landtiere aufwenden müssen, um ihre Körperwärme 20 oder gar 50° über der Luftwärme zu erhalten, bleibt dem marinen Organismus erspart, und um so empfindlicher sind sie für Wärmeschwankungen.

Aber die nur wenig um Null schwankende Temperatur der Tiefsee ist in allen Ozeanbecken über unendliche Räume

so gleichmässig und unveränderlich verbreitet, dass man hieraus schon die bemerkenswerte Thatsache der kosmopolitischen Verbreitung der Tiefseefauna leicht versteht. Wenn die Zoologen der Challengerexpedition[1] sich nach einjähriger Reise darüber beklagen, dass sie so wenig neue Typen im Verlaufe weiterer Dredgungen finden, dass die Tiefseefauna des Pazifik keine wesentlichen, grundsätzlichen Verschiedenheiten von der des Atlantik erkennen lässt, so ist das eine Folge der unveränderlichen Temperatur, welche hier wie dort überall herrscht.

Alle die Schädlichkeiten, welche bei raschem Temperaturwechsel in seichtem Wasser der Fauna verderblich werden, fallen für die Tiefseefauna fort, und während der ganzen Entwickelung vom Ei bis zum ausgewachsenen Tier kann das Individuum in derselben unveränderten Temperatur leben; die grössten Wanderungen kann es unternehmen, ohne durch eine veränderte Temperatur an weiterem Vordringen gehindert zu werden.

Befremden muss es auch, dass das Schleppnetz[°] aus der Tiefsee häufig von Tieren so erfüllt heraufgezogen wird, dass man auf einen ungeheuren Individuenreichtum der Tiefseefauna schliessen kann. Aber diese grosse Zahl der Lebewesen findet ihr Gegenbild in dem Individuenreichtum der Polarmeere. Hier wie dort erleichtert eine gleichbleibende Temperatur die Reife zahlreicher Nachkommen von gleichartiger Form auf Kosten der Varietäten- und Formenverschiedenheit.

Die Tiefsee hat ruhiges Wasser und es lässt sich wohl kaum ein grellerer Unterschied finden, als zwischen den sturmdurchwühlten Wassern der Meeresfläche

und den bewegungslosen Abgründen der Tiefsee. Wir haben gesehen, wie mannigfaltig die Anpassungserscheinungen der Strandfauna an die Bewegungen des Wassers sind. Haftapparate, Bohrapparate, Klammern° und Wurzelscheiben° werden gebildet, um sich in dem unruhigen Element festhalten zu können, und während die Krabben durch einen dünnen, platten Körper geschickt sind, sich in den engsten Felsenspalten zu verbergen, kleben sich Austern und Patellen° fest an die Felsen an. Zu Kolonien vereinigt sehen wir Bryozoen und Ascidien,° eng aneinander gedrängt sitzen *Balanus* und *Mytilus*, um sich gegenseitig Schutz zu bieten gegen die heranstürmende Brandung. Die Riffkorallen bilden vielverzweigte Stöcke,° auf denen dichtgedrängt tausende kleiner Einzelpolypen sitzen, das ewig bewegte Meer trägt ihnen Nahrung herbei, und die aneinandergewachsenen, kompakten Skelette gewähren einander Schutz gegen die tobenden Wellen. Die Korallenstöcke, das aus ihnen zusammengesetzte Korallenriff sind eine typische Erscheinung der Flachsee.

Muscheln und Schnecken haben dicke Schalen, Seeigel° und Krebse° solide Panzer,° um dem Andrang der Wellen zu widerstehen. Aber die Macht der Wellen verliert sich mit zunehmender Tiefe. Die Strömungen werden nach unten schwächer und matter, die Brandung existiert nicht für die Gehänge der Tiefsee. Die Ausgleichströmungen,° die Wasserversetzung,° die Vertikalzirkulation vollziehen sich so unmerklich langsam, dass sie keine messbare Grösse darstellen.

Kein Wunder, dass davon auch die Fauna beeinflusst wird, dass viele Einrichtungen, welche bei der Litoralfauna

weitverbreitet sind, in der Organisation der Tiefseetiere fehlen.

Es kommt dazu, dass[1] der Boden der Tiefsee meist mit einem so weichen und so flüssigen Schlamm bedeckt ist, dass die Lotröhre mühelos 1 m tief darin einsinkt. Somit entbehrt die Tiefsee der festen Unterlage° für die Ansiedelung vieler Tiere.

Die Seeschwämme, jene niedrig organisierten, bewegungslosen Tiere, deren Hornskelette uns als Badeschwämme dienen, während verwandte Gruppen durch Kalk- und Kieselnadeln° ausgezeichnet erscheinen, sind von alters her berühmt wegen der Unbeständigkeit° ihrer äusseren Form. Und besonders sind es die bewegten, unruhigen Fluten der Flachsee, in welchen die Formenmannigfaltigkeit° der Spongien ihren Höhepunkt erreicht. Dieselbe Art bildet bald filzige Rinden° unter Steinen, bald rundliche, unförmliche Klumpen, bald hohe, verästelte Bäumchen,° oder aufrechtstehende, sich durchkreuzende Platten, so dass meistens erst die mikroskopische Untersuchung des Skelettes eine systematische Bestimmung[2] erlaubt. Die Spongien der Tiefsee zeigen dagegen fast ohne Ausnahme eine regelmässige, kugelige oder becherförmige Gestalt und entwickeln oft einen langen Wurzelschopf,° welcher sie befähigt, sich in dem weichen Boden des Tiefseeschlammes zu befestigen.

Während die litoralen° Krebse° von gedrungener Form sind, fallen uns die Tiefseekrebse durch ihre langen Beine, ihre grossen Scheren° und eleganten Fühlhörner auf. Krebse mit 1 m langen Fühlhörnen wurden in Tiefseereusen° erbeutet, und alle Tiefseekrebse zeichnen sich durch ihre dünnen, durchsichtigen Panzer aus.

Gegenüber den dickschaligen Mollusken der Flachsee finden wir die Muscheln grosser Meerestiefen mit zarten, durchscheinenden Schalen versehen, welche in seichtem Wasser nicht im stande wären, die Weichteile gegen den 5 Anprall der Wellen zu schützen. Wenn das Skelett der litoralen Riffkorallen steinhart und aus tausenden kleiner Polypen zusammengesetzt ist, so bewohnen die Tiefsee ziemlich grosse, einzeln lebende Korallen, deren Kelche° von zarten, leicht zerbrechlichen Kalklamellen• gebildet 10 werden.

Dass alle diese Einrichtungen durch die weiche Beschaffenheit des Tiefseebodens mit bedingt werden, kann man leicht daraus ersehen, dass sich sofort eine andere Fauna einstellt, wenn vulkanische Klippen oder vulkanischer 15 Sand am Boden der Tiefsee auftritt.

Die Tiefsee steht unter hohem Druck. Den Fischern am Bodensee° ist es wohlbekannt, dass die im Tiefennetz gefangenen Kilche° (*Coregonus*) mit stark aufgetriebenem Bauche heraufgebracht werden und rasch ster-20 ben, wenn man ihnen nicht mit einer Nadel die Schwimmblase° ansticht und dadurch die übermässig ausgedehnte Luft herauslässt. Die Luft in der Schwimmblase der Fische ist so komprimiert, dass sie dem in der betreffenden Tiefe herrschenden Wasserdruck äquivalent ist. Ändert man den 25 Druck der Umgebung rasch, so vermag sich der Fisch diesem verminderten Druck nicht anzupassen, die Schwimmblase dehnt sich aus, treibt die Eingeweide in den Schlund, hemmt die Blutzirkulation und der Fisch muss sterben, wenn man nicht künstlich die Spannung der Schwimmblase 30 vermindert.

Je 10 m Wassertiefe entsprechen einem Druck von einer Atmosphäre. Am Boden der Tiefsee herrscht demgemäss ein Druck von 800 Atmosphären, daher müssen alle diejenigen Tiere, welche Luft in ihrem Körper enthalten, bei einer raschen Verminderung jenes gewaltigen Druckes auf nur eine Atmosphäre schwer geschädigt werden, und es ist leicht verständlich, dass Fische, welche eine Schwimmblase besitzen, dass alle Tiere mit hydrostatischen Apparaten darunter leiden.

Allein solche hydrostatische Apparate sind bei nur wenigen Tiergruppen vorhanden, und wo sie fehlen, fallen natürlich auch die soeben geschilderten Nachteile fort.

Man hat früher geglaubt, dass der gewaltige Druck, dem die Tiere in jenen Wassertiefen ausgesetzt sind, hinreiche, um alle lebenden Organismen zusammenzudrücken, aber man bedachte nicht, dass jener Druck allseitig ist, dass er von unten und von der Seite mit derselben Intensität einwirkt, so dass sich sein Effekt aufhebt.

Richtig ist es, dass die bei Tiefseedredgungen erbeuteten Tiere rasch absterben, wenn sie an Bord des Schiffes kommen, und man hat angenommen, dass die Ursache dieses raschen Todes die Druckverminderung sei. Allein die schon erwähnte Beobachtung des Fürsten von Monaco klärt die Erscheinung in ganz anderer Weise auf. Während die im Atlantik aus einer Tiefe von 1400 m und einer Temperatur von 3° heraufgebrachten Tiefseetiere nur noch einen Schimmer von Leben zeigten und die Bewohner grösserer Tiefen ausnahmslos tot an die Oberfläche kamen, gelangten im Mittelmeer° aus einer Tiefe von 1650 m bei 13° C die meisten Tiefseetiere in voller Lebenskraft in die Hände des

Beobachters. Ja ein Krebs,° *Acanthephyra pulchra*, lebte mehrere Tage noch ganz wohlbehalten weiter. Zugleich fand man mehrere identische Fischarten im Mittelmeer sowohl in 50 wie in 1650 m Tiefe. Diese Thatsache lehrt,
5 dass die Druckverminderung lange nicht so schwere Folgen in physiologischer Beziehung nach sich zieht, als der rasche Wechsel sehr verschiedener Temperatur.

Indem wir also die ungeheure Wichtigkeit der Temperatur für das Tierleben des Meeres erkennen, dürfen wir
10 aber nicht unerwähnt lassen, dass gewisse Eigentümlichkeiten von Tiefseetieren in engstem Zusammenhang mit dem grossen Wasserdruck stehen. Manche Tiefseefische zerfallen, sobald man sie an die Meeresoberfläche bringt. Die kalkarmen Knochen fallen aus einander, das Fleisch
15 zerfliesst zu einer gelatinösen Masse. Es ist sehr wahrscheinlich, dass unter jenem grossen Druck in der Tiefe diese Gewebe hart und fest genug sind, um allen Anforderungen des Lebens zu genügen, aber sobald der Druck nachlässt, wird der Zusammenhalt der Gewebe aufgehoben.
20 Da solche Vorkommnisse die Ausnahme bilden, und die Mehrzahl der Tiefseetiere mit genügend festen Geweben versehen sind, um auch an der Oberfläche noch intakt zu bleiben, so dürfen wir annehmen, dass unter den Existenzbedingungen der Tiefsee der grosse Wasserdruck eine
25 durchaus untergeordnete Rolle spielt. Und so sehen wir auch Haifische und Wale ohne Schaden in gewaltige Tiefen hinabtauchen und vergnügt wieder an der Meeresoberfläche sich tummeln, ohne dass der verschiedene Druck ihren Wanderungen ein Ziel setzt, und bei allmählicher, lang-
30 samer Wanderung dürfte die Mehrzahl der Meerestiere eben-

sogut in der Tiefsee wie in anderen Regionen leben können, wenn dort nicht ausser dem hohen Druck eine Reihe anderer, biologischer Faktoren eine bestimmende Rolle spielten.

Man hat geglaubt, dass der Boden der Tiefsee von den letzten Überresten ausgestorbener Tiergruppen bewohnt 5 werde, aber man hat sich gründlich getäuscht. Diejenigen Tiere, deren Lebensdauer von den älteren geologischen Epochen bis zur Gegenwart reicht, die *Lingula*, *Nautilus*, *Limulus* u. s. w., leben heute in ganz seichtem Wasser und die erwarteten Nachkommen anderer, versteinerter 10 Tiergruppen hat man in der Tiefsee bisher nicht finden können.

Die Tiefsee ist nicht eine ruhige Klause, in welche veraltete Tiere leicht eintreten können, um darin ein behagliches, stilles Leben zu führen, sondern der Eintritt kann 15 nur mit schweren Opfern erkämpft werden. Vom Seichtwasser bis zur Tiefsee hinab gestalten sich die Lebensbedingungen, wenn auch [1] nur allmählich, doch so gründlich um,[2] dass nur kräftige Organisationen den Übergang in die Existenzbedingungen der abyssalen Gründe ertragen können 20 — schwächliche Naturen müssen ihm unterliegen. Vielleicht, dass die natürliche Auslese am Boden der Ozeanbecken geringer ist als in der wechselvollen Flachsee, allein auf dem Wege da hinab ist die Selektion um so intensiver; unzählige Generationen werden auf dem Wege zur 25 ruhigen Tiefsee zu Grunde gegangen sein, und nur eine kleine Auswahl hat diesen Wechsel überstanden.

15. Die Sedimente der Flachsee.

Die Erdoberfläche ist der Kampfplatz zweier Mächte, welche sich gegenseitig zu besiegen streben. Die eine Gruppe von Vorgängen hat ihre Ursache im Innern der Erde, die andere in den Gestirnen.

Unterirdische Kräfte türmen hohe Gebirge auf; trotzig ragen sie in die Wolken und scheinen für die Ewigkeit geschaffen.

Aber ein Heer von unscheinbaren Arbeitern feilt und bohrt an dem härtesten Granit wie an dem weichen Lehm; auf Klüften und Spalten dringen sie in die Tiefe, zersetzend, zerbröckelnd, zerstörend; und was sie zerkleinert haben, das reissen Wind und Wetter ab und tragen es rasch zu Thal. Der Sturzbach wird zum Fluss, der Fluss zum Strom und endlich mündet dieser mit allem Sand und Schlamm, den seine Wellen tragen, in das unendliche Weltmeer.

Tellurische° Kräfte sind es, welche durch Seitenschub Faltengebirge° aufwölben, Erdschollen zwischen stehenbleibenden Horsten° in die Tiefe versenken oder hohe, vulkanische Bergkegel aufschütten, und alle die grossen Reliefveränderungen der Erdoberfläche finden ihre Ursache in dem erkaltenden Erdkern.

Dagegen sind es anziehende, ausserirdische Gestirne, welche diejenigen Kräfte in Thätigkeit setzen, die man in ihrer Gesamtwirkung als D e n u d a t i o n bezeichnet.

Sonnenkraft hebt verdunstende Wassertröpfchen in die Höhe, Sonnenkraft lässt Winde und Stürme über die Erde brausen, Regenwolken sich ballen und Regen und Schnee zur Erde herabfallen; und wenn wir die tosende Kraft des

Wasserfalls der Industrie dienstbar machen, so benutzen wir Sonnenkraft; und wenn Regenbäche tiefe Furchen in die Gehänge der Gebirge einschneiden, so sehen wir eine Wirkung der Sonnenkraft. Sonne und Mond heben und senken die Wasser des Meeres, und vom Sturme unterstützt schneidet 5 sich die Brandung abradierend in die Küstengesteine ein — eine Folge astronomischer Ursachen.

Diese durch Sonnenkraft unterhaltene Thätigkeit der Denudation äussert sich in zweifacher Weise. Erstens werden die Felsen und Gesteine der Erdoberfläche zerstört, 10 zweitens werden die zerkleinerten Bruchstücke von ihrem Ursprung weit fort transportiert. Wir können hier nicht die zerstörende Thätigkeit der Denudation besprechen, wir können nicht behandeln, wie Frost und Hitze, chemische Verwitterung und rinnendes Wasser, Eis und Sandgebläse 15 die Oberfläche der Gesteine angreifen. Uns interessieren hier nur diejenigen Vorgänge, durch welche derartige Zerstörungsprodukte, Kiesel, Sand und Schlamm, die sogenannten S e d i m e n t e, dem Meere zugeführt werden.

Gross ist die Wassermenge, welche jahraus, jahrein in den 20 Gebirgen denudierend° thätig ist. Der Rhein führt jeden Tag 150 000 Kubikfuss fester Substanzen als Flusstrübe° bei Bonn vorbei, der Indus führt täglich sechzehn Millionen Kubikfuss Schlamm in das Meer, eine Masse, welche hinreicht, um in einem Jahre 175 □km mit einer 1 m hohen 25 Schlammdecke zu überschütten.

Bei so grossen Zahlen darf es uns nicht Wunder nehmen, dass im Laufe der Jahrtausende selbst die höchsten Gebirge eingerissen und ihr Material dem Ozean zugetragen wird. Das Süsswasser der Flüsse mischt sich mit dem Seewasser, 30

es entsteht das sogenannte „Brackwasser“ und allmählich verschwindet auch der letzte Rest Flusswasser in der ungeheuren Salzflut. Was wird aber aus dem Sand und Schlamm, der fein verteilt als sogenannte „Flusstrübe“ im Wasser des Stromes enthalten war?

Wenn man ein Becherglas mit trübem Flusswasser füllt und dasselbe ruhig stehen lässt, tage- und wochenlang, so wird man nur sehr langsam ein Niedersinken der trübenden Schlammteile beobachten. So fein verteilt ist die Flusstrübe, so leicht sind die Teilchen, dass man Rheinwasser zwölf Monate lang ruhig stehen lassen muss, ehe sich alle Trübe zu Boden gesetzt hat.

Sobald man aber dem trüben Flusswasser ein Körnchen Salz zusetzt, so erlebt man das überraschende Schauspiel, dass sich die ganze Flusstrübe im Verlaufe von dreissig Minuten zu Boden schlägt. Man hat ausgedehnte Versuche ausgeführt, um die Einwirkung schwacher Salzlösungen auf die Flusstrübe festzustellen, welche die physikalisch noch nicht aufgeklärte Thatsache in allen Einzelheiten bestätigen. Das ins Meer gelangende Flusswasser reinigt sich also bei seinem Eintritt von allem Schlamm, und schüttet einen Schuttkegel von Absätzen um die Flussmündung herum auf. Die Farbe dieses sogenannten *Kontinentalschlammes*° ist gewöhnlich graublau oder grün, und ein breiter Gürtel rings um die Festländer herum ist von demselben bedeckt.

Im Gebiet des Chinesischen Meeres, dessen Flüsse aus einem mit gewaltigen Lehmlagern bedeckten Lande herauskommen und daher mit gelbem Schlamm beladen sind, ist auch der Kontinentalschlamm gelblich oder hellgrün gefärbt, und der Name „Gelbes Meer“ hat seine naturwissenschaftliche Berechtigung.

In den Tropenländern bildet sich als Verwitterungsprodukt statt unseres gelben Lehmes der sogenannte Laterit,° welcher von sehr verschiedenartiger Dichte und Festigkeit, aber stets durch seine rote Farbe ausgezeichnet ist. Infolgedessen führen die Flüsse der Tropenländer nicht gelben, sondern roten Schlamm ins Meer, und an der Mündung des Amazonenstromes, des Congo, der hinterindischen[1] Flüsse ist demzufolge auch der Kontinentalschlamm rot oder rotbraun gefärbt.

Wegen der alle Trübe ausscheidenden Eigenschaft des Salzwassers ist der Kontinentalschlamm nur längs der Küsten in einem 100 bis 500 km breiten Saum zu beobachten und nur ausnahmsweise gelangt er über die Kontinentalstufe° hinaus in die Abgründe der tiefen Ozeanbecken.

Die physikalische Beschaffenheit des Kontinentalschlammes ist überaus wechselnd. Bald ist er sandig, bald wie der feinste Thon, bald liegen grobe Kiese und Steinblöcke darin, bald ist er von ganz gleichmässigem Korn, bald beherbergt er eine grosse Fülle von Muscheln, Würmern und anderen Tieren und ist bewachsen mit reicher Algenvegetation, bald ist er unbewohnt und leblos.

Die Schlammmassen, welche sich um das Mündungsgebiet der Flüsse anhäufen, wachsen in vielen Fällen über den Meeresspiegel heraus. Solche angeschwemmte° Länder nennt man wegen ihrer meist dreieckigen Form: Delta. Gegen 140 grössere Flüsse unter allen geographischen Breiten sind durch Deltabildung ausgezeichnet. Die Mangrove stützt den Verlandungsvorgang° auf das kräftigste, und findet sich im Deltagebiet aller tropischen Flüsse.

16. Vulkanische Inseln.

Im Jahre 1831 wurden Naturforscher und Laien in nicht geringe Aufregung versetzt durch die Nachricht, dass zwischen Sizilien° und Tunis eine neue Insel entstanden sei. Am 9. Juli traf die sizilische Brigg „Teresina,“ Kapitän Corrao, auf ihrer Reise von Trapani[1] nach Girgenti[2] viele tote Seefische und schwarze Schlacken auf dem Meere schwimmend an. Am 10. Juli sah sie auf Schussweite eine Wassermasse 20 m hoch und 120 m im Durchmesser sich über das Meer erheben (s. Fig. 23, S. 131) und Rauch und Schwefelgeruch entwickeln, der bis zum 16ten wahrgenommen wurde, als das Schiff auf seiner Rückkehr daselbst ein 4 m hohes Land passierte, welches nach dem Entdecker „Corrao-Insel“ genannt wurde.

Auf Grund der vernommenen Kunde sandte der englische Viceadmiral Hotham ein Kriegsschiff nach der neuen Insel. Dieselbe hatte am 3. August 100 m Höhe und 6 km Umfang. Kapitän Smith nannte sie „Hotham-Island.“

Im September besuchte C. Prévost im Auftrage der französischen Regierung die Insel, welche jetzt von kegelförmiger Gestalt war und in der Mitte einen 60 m tiefen Krater besass, der durch einen orangefarbenen See von 60 m Durchmesser und 98° R. Temperatur erfüllt war. Die Insel bestand aus lockeren Aschen und Schlacken und wurde von Prévost, weil sie im Juli entstanden war, „Julia“ getauft.

Endlich besuchte ein italienisches Kriegsschiff die neuentstandene Insel, und der Kapitän desselben nannte sie nach seinem König „Isola di Fernando.“[3]

Während sich die Regierungen stritten, wem die vielnamige Insel gehören solle, arbeiteten schon die Wellen an ihrer Zerstörung und im Jahre 1832 bezeichnete nur noch eine Untiefe die Stelle, wo sie entstanden war.

Zu jener Zeit war unter den Geologen ein heftiger Streit über die Entstehung der Vulkane entbrannt. Die 5



Fig. 23. Ausbruch des submarinen Vulkans „Isola di Carrao."

einen behaupteten, dass Vulkane durch Auftreibung des Bodens, durch eine zentrifugal wirkende, hebende Kraft entstünden, die anderen nahmen an, dass alle Vulkane durch allmähliche Aufschüttung° gebildet würden. Eine 10 Aufschüttung von lockerem Material, das um den Eruptionsschlund° herum niederfällt, erhöht zwar den betreffenden

Boden, allein eine „Hebung des Erdbodens“ erfolgt dabei nicht. Heute ist der Streit dahin entschieden, dass man alle Vulkane als Aufschüttungen betrachtet.

Wir haben in einem frühern Abschnitt gesehen, dass das 5 Wesen der Gebirgsbildung nicht in einer von unten nach oben wirkenden Hebungskraft zu suchen ist, sondern dass durch Kontraktion des Erdinnern eine Runzelung der Erdrinde erfolgt, dass diese durch Seitenschub veranlasste Faltung zwar hohe Gebirge auftürmt, aber nicht durch 10 hebende, sogenannte vulkanische Kräfte veranlasst wird. Die Entstehung der Vulkane ist nicht die Ursache, sondern die Folge des Gebirgsbildungsvorganges. Wenn durch Einsinken von Erdschollen° oder durch Faltung der Erdrinde, Spalten° in der letzteren entstehen, dann wird momentan 15 der Druck der Erdrinde auf das Erdinnere erleichtert, die flüssige Gesteinsmasse findet einen offenen Kanal und dringt mit Vehemenz durch denselben an die Erdoberfläche heraus. Das nennt man Vulkanbildung.

Nicht jedesmal gelangt die feurige Masse bis zur Erd-20 oberfläche, und wenn die Spalten nicht bis oben offen sind, so bleibt die vulkanische Masse unterwegs im Gestein stecken, erkaltet dort und wird erst sichtbar, wenn durch Denudation die darüber liegenden Gesteinsschichten abgetragen worden sind. Solche Gebirgsbewegungen sind von 25 Erschütterungen begleitet, welche als E r d b e b e n wohlbekannt sind.

Wenn man auf unserer Karte die Verteilung der Vulkane auf der Erdoberfläche verfolgt, so bemerkt man, dass dieselben in langen Reihen angeordnet sind. Viele Inselketten 30 sind vulkanischen Ursprungs, die Kordilleren° werden von

Vulkanreihen begleitet. Diesen Reihenvulkanen° stehen die Gruppenvulkane gegenüber. Jene treten an den Rändern der Gebirge und der Kontinente, diese inmitten der Ozeanbecken oder der Festländer auf. Ubergänge sind zahlreich.

Nun haben wir früher gesehen, dass die Ozeanbecken durch kesselartiges Einsinken mächtiger Erdschollen° entstehen. Es ist leicht begreiflich, dass lange, lineare Spalten die Senkungsfelder° von den stehenbleibenden Horsten° abgrenzen, und es darf uns nicht Wunder nehmen, wenn wir längs dieser Spalten Reihenvulkane auftreten sehen. Gruppenvulkane dagegen treten in der Mitte der einsinkenden Schollen am leichtesten auf.

Wir können die ursächlichen Beziehungen zwischen Gebirgsspalten,° Erdbeben und Vulkanen hier nicht weiter ausführen und müssen uns jetzt den Vorgängen bei der Eruption zuwenden.

Zwei Elemente sind es, welche den Vulkankegel aufbauen, beide äusserlich von sehr verschiedenem Charakter und doch in ihrem Wesen eng verbunden und mit einander verwandt.

Die Lava ist geschmolzenes Gesteinsmaterial, ein Teil des überhitzten Erdinnern. Ursprünglich ist die Lava ein homogenes Glas. Solche glasige Lava wird Pechstein° genannt, und findet sich an vielen Vulkanen. Durch langsame Abkühlung gruppieren sich die einzelnen Gemengteile des Glasflusses° zu Mineralaggregaten° oder Krystallen. Wenn vereinzelte Krystalle in einer gleichartigen Grundmasse° eingebettet sind, entsteht porphyrische° Struktur, wenn alle Grundmasse zu Krystallen ausgeschieden wird, entstehen vollkrystallinische° Laven. So kennt man alle Übergänge vom Pechstein zum Basalt, vom Porphyr° zum

Granit, und gross ist die Zahl der verschiedenen vulkanischen Gesteine, welche als Lava bezeichnet werden können.

Wenn während der Eruption nur Lava ergossen wird, dann breitet sich dieselbe als ausgedehnte Decke über weite Flächen aus. Zentralindien ist aus solchen Basaltdecken aufgebaut, und in Nordamerika erreichen sie nicht minder erhebliche Wichtigkeit.

Wenn die aus einer Spalte hervordringende Lava Gase enthält, welche beim Austritt infolge der Druckverminderung sich ausdehnen, so wird die Lava schaumig. Sind nur wenig Gase in der Lava, dann entsteht ein blasenerfülltes Gestein, wenn aber die ganze Masse schaumig aufgetrieben wird, so entsteht *Bimsstein*,° und wenn durch die Expansionskraft der eingeschlossenen Gase alles in kleine Flocken zerrissen wird, entsteht *vulkanische Asche*. Untersucht man Bimsstein oder vulkanische Asche unter dem Mikroskop oder im chemischen Laboratorium, so erkennt man, dass sie nur in der Struktur von Lava verschieden, aber aus denselben Bestandteilen zusammengesetzt sind.

Dringt nur Lava aus der Eruptionsspalte° zu einem Deckenerguss° aus, dann ist es sehr schwer, unter der erkalteten Decke die Eruptionsstelle° aufzufinden. Wenn aber neben der Lava auch vulkanische Asche ausgestossen wird, dann häuft sich diese um den Schlot herum zu einem ringförmigen Wall auf, bildet einen Vulkankegel, und einen Krater.

Aus abwechselnden Schichten von Asche und von Lava baut sich somit der Vulkan auf. Dass ein so lockeres Bauwerk nicht lange im Meere unverändert bleiben kann,

ist leicht verständlich. Kaum ein zweites Gestein ist so zerstörbar als vulkanische Asche, oder wie man sie im verfestigten Zustande nennt: vulkanischer Tuff.° Die Abrasion nagt an den Wänden der vulkanischen Insel, und die Geschichte der Insel „Corrao" lehrt uns die Vergänglichkeit vulkanischer Gesteine.

Man pflegt wohl einen Unterschied zu machen zwischen thätigen und erloschenen Vulkanen, aber dieser Unterschied hat keine tiefere Bedeutung; nach langer Pause beginnt die vulkanische Thätigkeit sich wieder zu regen, und erneute Eruptionen überschütten weithin das Meer mit Bimsstein° und Asche.

So kämpft auch hier eine Kraft des Erdinnern mit der Abrasion an der Meeresoberfläche. Mechanisch und chemisch frisst sich das Meer in die Flanke der vulkanischen Insel hinein und bald hat es sich einen Weg gebahnt bis zu der Höhlung des Kraters. Die Insel Nisida[1] und andere vulkanische Inseln zeigen dieses Stadium, und der Kratersee bildet einen geschützten Hafen.

Unermüdet schreitet die Abrasion weiter, immer mehr werden Lavadecken unterspült, Aschenwände abgetragen, das Meer sägt die vulkanische Insel im Brandungsniveau volkommen durch, und nach einiger Zeit bezeichnet nur noch eine Untiefe die Stelle, an welcher sich vorher eine dampfende Vulkaninsel befand. Korallenriffe siedeln sich auf der felsigen Untiefe an, und schützen die Klippe vor weiterer Zerstörung. In kälteren Zonen aber geht der Abrasionsprozess immer weiter, trägt die Basis des Vulkanes immer tiefer ab, und erniedrigt das Niveau° der Untiefe.

Da solche Vulkanreste gewöhnlich als härtere Klippen aus

dem weichen Meeresschlamm der Umgebung hervorragen, siedeln sich hier gern alle diejenigen Tiere an, welche tiefes Wasser und festen Untergrund lieben. Muscheln, Schnecken, Krebse,° Seeigel,° Seesterne° und Schwämme wachsen darauf
5 und gedeihen so gut, dass bald die submarine Klippe von den Resten dieser Tiere bedeckt ist. Es bildet sich ein Lager von Muschelsand° und die Felsengründe im Golfe von Neapel, deren Tierreichtum wir früher geschildert haben, sind solche Denudationsreste ehemaliger, vulkanischer
10 Inseln.

17. Inselleben.

Die Weltabgeschiedenheit einer einsamen Insel ist von jeher ein willkommener Vorwurf gewesen, um glückliche Zustände zu schildern. Das Land der Phäaken,[1] der Schauplatz von Paul und Virginie,[2] die Erlebnisse Robinsons[3]
15 sind bekannte Beispiele hierfür. Und was kann es Schöneres geben, als auf einer Insel mitten im weiten Meer zu träumen, losgelöst von dem unruhigen Treiben festländischen Verkehrs, unbekümmert um die schwankenden Geschicke des Weltgeschehens?°

20 Mag auf dem unbewohnten, felsigen Eiland in der Ostsee° ein nordischer Regenwind unsere Hütte umtoben, und aufgeregte, graue Wogen den klippenreichen Strand jedem Lotsenboot unerreichbar machen, oder mag auf der Koralleninsel im Indischen Ozean ein stahlblauer Himmel mit
25 dem Ultramarin° des Meeres an Farbenpracht wetteifern, und schwanke Palmen über unserem Haupte sich wiegen, — der poetische Reiz des Lebens auf einsamer Insel wird

immer neue Schönheiten bieten, und wer es nur einmal genossen hat, der wird sich in seinen schönsten Träumen der einsamsten Stunden erinnern, welche er auf einer stillen Insel im unendlichen Weltmeere verleben durfte.

Aber ebenso, wie wir uns niemals ganz loslösen können 5 von den Beziehungen, welche unser Sein und Fühlen an das Festland knüpfen, wie wir selbst auf der fernsten Insel, des Kontinents werden gedenken müssen, den wir verlassen haben, und wohin uns liebe Erinnerungen zurückziehen, so dürfen wir auch naturwissenschaftlich die Inseln des Meeres 10 nicht losgelöst und isoliert betrachten, sondern unsere Aufgabe ist es, den mannigfachen Beziehungen nachzuspüren, welche zwischen Insel und Kontinent bestehen, dann erst wird uns die Naturgeschichte der Inseln interessant und lehrreich. 15

Man pflegt die Inseln in zwei Gruppen zu teilen. Die einen sind Stücke des benachbarten Kontinentes und haben einst mit diesem zusammengehangen, bis sie durch geologische Vorgänge abgetrennt wurden. Andere Inseln sind Kinder des Meeres, sind aus dem Schosse des Ozeans ge- 20 boren und haben erst nachträglich Beziehungen zu grösseren Festländern erhalten.

Die ersteren, die kontinentalen Inseln, finden sich besonders in solchen Gebieten, wo die Brandung und die Abrasion kühn hineingedrungen sind in das Gefüge einer 25 Felsenküste. Die Inselschwärme, welche Skandinavien und Grossbritannien umgeben, die Inseln des Ionischen° Meeres, der dalmatinischen° Küste dürfen als solche zerstückelte Festländer angesehen werden. Mögen sie aus Granit, Kalk oder Sandstein bestehen, immer sind sie aus denselben 30

Gesteinen aufgebaut, wie die zunächst liegende, kontinentale Küste.

Die andere Art der Inseln unterscheidet sich durch ihre Struktur und ihre Entstehungsweise ziemlich gründlich von
5 den kontinentalen Inseln. Sie sind meist aus lockeren, ganz jungen Sedimenten, aus Sand, Schlamm, Korallen oder vulkanischer Asche aufgebaut, niemals haben sie in Verbindung gestanden mit einem Kontinent, sie sind aus dem Meere herausgewachsen.

10 Wenn auf dem flachen Meeresboden der Schlamm durch Strömungen aufgehäuft, vielleicht durch Mangrovewurzeln dann befestigt wird, so entsteht eine jener Schlamminseln, wie sie sich im Deltagebiet grosser Flüsse oder im flachen Wasser der Kontinentalstufe° leicht bilden können. Die
15 Halligen[1] des Wattenmeeres,[2] die Laguneninseln auf denen Venedig° erbaut ist, die Inseln der Sunderbunds[3] sind Beispiele dafür.

Ist der flache Meeresboden mit Sand bedeckt, der durch Stürme und Strömungen zusammengehäuft wird, dann ent-
20 stehen jene Sandinseln, welche, den Nehrungen[4] nahe verwandt, in fortlaufendem Kranze die deutsche Nordseeküste von Holland bis nach Dänemark umgeben. Borkum,[5] Norderney, Wangerog, Amrum, Sylt,[6] der westliche Teil von Rügen[7] mit Hiddensö[8] gehören hierher.

25 Wenn sich auf seichtem Meeresboden Korallenriffe ansiedeln, und allmählich bis zum Meeresspiegel heraufwachsen, so bilden sich Inseln aus Kalkstein, die als Koralleninseln wohlbekannt sind und in einem gesonderten Abschnitt besprochen wurden.

30 Entstehen endlich mitten im Meere vulkanische Ausbrüche,

so bilden sich durch Aschen- und Lavaergüsse auch hier Inseln und Inselgruppen, welche vorher nicht mit dem Kontinent zusammengehangen haben. Und wenn wir, am Ufer des Golfes von Neapel stehend, hinausblicken auf die inselreiche Landschaft, da sehen wir in Capri[1] eine kontinentale Insel, welche in engster Zusammengehörigkeit mit der Halbinsel von Sorrent° steht, während uns Ischia[2] und Procida[3] und die ferneren Kegel der Ponzainseln[4] den zweiten Typus der ozeanischen Inseln vor Augen führen.

In manchen Fällen wird es freilich schwer, den genetischen Zusammenhang einer Insel mit dem benachbarten Festlande nachzuweisen, und die Frage, ob Helgoland[5] je landfest mit Norddeutschland verbunden war, muss als offen betrachtet werden; ebenso wie die Beziehungen von Rügen zu Pommern° nicht leicht zu enträtseln sind.

Eben so verschieden wie die Entstehung der Inseln ist ihre Form und Grösse. Während Neu-Guinea grösser als Deutschland ist, sind viele Inseln so klein, dass man sie nicht einmal benannt hat. Junge Vulkaninseln sind oft von der Form eines regelmässigen Kegels, durch Abrasion wird diese regelmässige Gestalt vielfach abgeändert. Kontinentale Inseln haben meist steile, felsige Ufer und einen zackigen Umriss. Sandinseln haben flache Ufer und rundliche Form. Auch die Neigung der Inselgehänge bis zum Meeresgrunde ist grossen Verschiedenheiten unterworfen. Man hat durch Lotungen gefunden, dass manche Inseln des Stillen° Ozeans mit 80° steilen Wänden emporsteigen, dagegen schmiegt sich oft der Fuss der Inseln ganz unmerklich an die flache Neigung des Meeresbodens an.

In vielen Fällen kann man aus der Struktur einer Insel

keinen sicheren Schluss ziehen auf die Entstehungsgeschichte derselben. Doch wenn die Geologie uns im Stiche lässt, finden wir in dem Tier- und Pflanzenleben der Insel bedeutsame Fingerzeige über ihre Vorgeschichte.

5 Keine Insel ist absolut leblos, selbst die einsamste Klippe im Eismeer dient während des Sommers einmal einer Möwe oder einem Seehund zur Rast, und am Strande der eben aus dem Meere auftauchenden Koralleninsel werfen die Wellen eine Kokosnuss ans Land, und bald keimt diese 10 zur stattlichen Palme empor. Treibholzflösse schwimmen den Amazonenstrom herab, Affen, Tigerkatzen, Eichhörnchen, Insekten und Würmer machen wider Willen die Reise weit hinaus in das Meer und werden von Strömungen nach einsamen Inseln verschlagen. Admiral Smyth sah bei den 15 Philippinen nach einem Sturme mitten im Meere solche schwimmende Inseln, und die aufrecht stehenden Laubbäume dienten dem sonderbaren Fahrzeug als Segel.

Schlangen findet man nur selten auf ozeanischen Inseln, dagegen werden Eidechsen leicht durch Treibholz überall 20 verbreitet. Landschnecken sind ungemein widerstandsfähig gegen Salzwasser, und nach vierzehntägigem Einlegen in Seewasser fand Darwin von 100 noch 27 Stück lebend. So können wir leicht verstehen, dass man sie auf den einsamsten Inseln vorfindet.

25 Wir sehen daraus, welchen Einfluss die Organisation einzelner Tierarten auf ihre geographische Verbreitung ausübt, und wie die Fauna und Flora ozeanischer Inseln von derselben abhängig ist.

Aber da nur wenige Tiere im stande sind, durch aktive 30 Schwimmbewegungen eine küstenferne Insel zu erreichen,

so sind in zweiter Linie die Luft- und Meeresströmungen von hervorragender Bedeutung. Europäische Vögel finden sich in fast identischen Arten auf den vulkanischen Azoren.[1] 69 Arten amerikanischer Vögel hat man in England gelegentlich beobachtet. Wasservögel transportieren in ihren Eingeweiden die Eier kleinerer Wassertiere oder an ihren Füssen die Samen von Pflanzen.

Auch Insekten werden infolge ihres Flugvermögens auf ferne Inseln getragen; dann tritt aber die bemerkenswerte Thatsache zu Tage, dass man auf ozeanischen Inseln sehr viel flügellose Insekten findet. Die Annahme, dass diese Formen ursprünglich auf den Inseln flügellos entstanden seien, wird dadurch widerlegt, dass allein auf Madeira[2] 22 flügellose Insektengattungen gefunden werden, welche in Europa in geflügelten Arten weit verbreitet sind. Solches beweist, dass die flügellosen Inselbewohner aus geflügelten Einwanderern durch Verlust ihrer Flügel entstanden sind, und wenn wir bedenken, dass auf einer einsamen Insel gutfliegende Insekten leicht von Stürmen ergriffen und in die See hinausgetrieben werden, so können wir verstehen, dass im Laufe der Zeiten nur diejenigen Insekten auf der Insel übrig blieben, welche schlecht flogen und sich allmählich das Fliegen ganz abgewöhnten, das ihnen nur den Untergang bringen musste. Auch auf den Kerguelen-Inseln[3] fand man nur flügellose oder nicht fliegende Insekten.

Überaus merkwürdig sind die Folgen, welche die Einwanderung einzelner Tiere und Pflanzen auf einsamen Inseln für die dort schon angesiedelte Fauna und Flora haben. Als man auf St. Helena[4] Ziegen einführte, zerstörten dieselben in kurzer Zeit alle Wälder der Insel und

mit diesen alle Insekten, Mollusken und Vögel, welche in diesen Wäldern lebten. Als auf Mauritius[1] Schweine verwilderten, verschwand der merkwürdige Vogel Dodo vollkommen und ist seitdem vollständig ausgestorben.

Der Papagei *Nestor mirabilis*, welcher sich früher auf Neu-Seeland vom Safte der Blumen ernährte, hat sich, seitdem man dort Schafherden einführte, angewöhnt, das Blut frisch geschlachteter Schafe aufzulecken, und man erzählt, dass der früher völlig harmlose Vogel jetzt geradezu ein Feind der Schafzucht geworden ist, indem er selbst an lebenden Tieren jede kleine Wunde ableckt und dadurch eine oft tödliche Entzündung hervorruft.

Alfred Wallace hat die Fauna und Flora der Inseln zum Gegenstand eines grösseren Werkes gemacht und darin die Besiedelungsgeschichte der wichtigsten Archipele besprochen. Sein Werk bietet eine Fülle der interessantesten Beispiele, wie mannigfach die Wege sind, auf denen Inseln bevölkert wurden.

Die Azoren° haben überaus enge Beziehungen zu Westeuropa in ihrer Tier- und Pflanzenwelt. Von den 40 einheimischen Pflanzenarten sind 34 europäisch und nur 6 haben ihre nächsten Verwandten auf den Canarischen° Inseln und Madeira. Nur die *Campanula Vidalii* darf als eine spezifisch azorische Pflanze betrachtet werden. Man kann daraus schliessen, dass jene Pflanzen dort erst in der jüngsten Periode eingeführt worden sind und noch keine Zeit gehabt haben zu variieren und neue Arten zu bilden. Während die Azoren etwa 1600 km von Portugal entfernt liegen, finden wir an dem Ostrande des Pazifik, nur 900 km von Amerika entfernt, die ebenfalls vulkanischen Gala-

pagos.° Die äusseren Umstände und die Lage beider Archipele haben überaus viel Gemeinsames, und doch stehen sie in einem seltsamen Gegensatz zu einander. Auf den Galapagos findet man 332 Pflanzenarten, von denen 174 nur auf diesen Inseln vorkommen, während 158 auf den benachbarten Festländern gefunden werden. Von diesen letzteren sind etwa 20 durch den Menschen eingeführt worden, die übrigen enthalten viele Arten, welche in ganz Amerika verbreitet gefunden werden. 42 Arten sind in Nord- und Südamerika heimisch, 21 sind südamerikanisch, 20 werden in Nordamerika, Westindien und Mexiko gefunden.

Die grössere Zahl von Pflanzenarten auf den Galapagos findet ihre Erklärung darin, dass diese Inseln in einem sehr stürmischen Gebiet liegen, so dass Samen und Sporen leicht von den benachbarten Küsten dorthin getrieben werden konnten. Die grosse Zahl von spezifischen Pflanzen aber deutet darauf hin, dass die Besiedelung dieses Archipels in viel früherer Zeit erfolgte als die der Azoren, so dass die Organismen Gelegenheit hatten, dort neue Arten zu bilden. Es kommt hinzu, dass,[1] wie wir im folgenden Abschnitt noch zu zeigen haben, Mittelamerika in früheren Zeiten nicht existierte, oder wenigstens von mehreren Meerengen durchschnitten wurde, so dass bei veränderten Strömungen wesentlich günstigere Bedingungen für die Besiedelung der Galapagos existierten. Wenn wir erwägen, dass die neuesten Tiefseedredgungen zwischen Amerika und den Galapagos eine ungeheure Verbreitung von halbverwesten Landpflanzenresten in allen Tiefseesedimenten ergeben haben, so erblicken wir in diesen sogar dem Globigerinenschlick° bei-

gemischten Blättern, Zweigen und Samen die Reste der amerikanischen Pflanzen, welche auf dem Wege nach den ozeanischen Inseln des Pazifik zu Grunde gingen. Es sind Auswanderer, welche verunglückten, ehe sie das Land der
5 Zukunft erreichten.

Die Galapagos sind ausserdem bemerkenswert wegen ihrer seltsamen Schildkrötenfauna. Weder Säugetiere noch Amphibien werden dort gefunden, dagegen werden auf den verschiedenen Vulkaninseln riesige Landschildkröten gefunden,
10 welche so von einander verschieden sind, dass die dortigen Kolonisten im stande sind, beim Anblick einer solchen Schildkröte zu sagen, auf welcher Insel sie gefangen wurde. Ebenso findet man fast auf jeder Insel eine besondere Rasse der Eidechse *Tropidurus*, und eine besondere Spielart der Spott-
15 drossel *Nesomimus*.

Alle diese Thatsachen drängen zu dem Schlusse, dass die Inseln schon lange von einander getrennt waren, so dass auf jeder einzelnen isolierte, neue Rassen sich ausbilden konnten.

20 Nicht nur auf den Galapagos, sondern ebenso auf den Mascarenen[1] werden Landschildkröten gefunden von so grossen Dimensionen, dass sie gar nicht der gegenwärtigen Fauna anzugehören scheinen, sondern wie die Überbleibsel ausgestorbener Fabelwesen aussehen. In einem Palmen-
25 garten bei Colombo lebt eine Riesenschildkröte, welche um das Jahr 1790 von einem holländischen Gouverneur von Mauritius nach Ceylon gebracht worden ist und seit über 100 Jahren dort lebt und gedeiht. Wenn man sich auf das 1 m grosse Rückenschild setzt, so erhebt sich das unförmige
30 Tier und wandert mühelos mit der Last weiter.

Australien, bekanntlich der inselartigste Kontinent, enthält eine Tierwelt von Beuteltieren,° welche zwar früher auch in anderen Kontinenten lebte, jetzt aber fast überall radikal ausgestorben ist. Der flügellose Vogel Dodo, dessen Aussterben um 1630 geschichtlich nachgewiesen werden kann, 5 lebte auf der Insel Mauritius. Eine verwandte, ebenfalls in historischer Zeit ausgestorbene Art lebte auf der Insel Bourbon.

Auf Neu-Seeland findet man eine Eidechse, *Hatteria*, welche einem sonst längst ausgestorbenen Geschlecht ange- 10 hört, als letzten Überrest vergangener Zeiten; und das Borkentier° (*Rhytina Stelleri*), ein gigantisches, walrossartiges Geschöpf, welches Ende vorigen Jahrhunderts ausstarb, lebte auf den Inseln des Behringsmeeres.

Und so lernen wir die Inseln, jetzt von einem neuen 15 Gesichtspunkte aus betrachten. Wir sehen in der Tier- und Pflanzenwelt derselben nicht nur rätselhaft isolierte Kolonien, deren Einwanderung und Herkunft wir zu enthüllen suchen — nein, sie sind uns auch ein natürliches Museum wunderbarer Art. Manche Tiere, deren Wohnsitz einst weite Strecken 20 der Erdoberfläche umfasste, haben sich auf Inseln noch erhalten und hier ein schützendes Asyl gefunden, und neben den Vorposten einer neuen Besiedelung sehen wir die altehrwürdigen Reste einer aussterbenden Organismenwelt. Zusammenhänge von Ländermassen, welche jetzt weit von 25 einander getrennt sind, werden durch vereinzelte Inseln wiederhergestellt, und das Leben auf der einsamen Insel knüpft sich mit hundert Fäden über den weiten Ozean an ferne Ländergebiete.

18. Landengen und Meerengen.

In der Verteilung von Wasser und Land auf der Erdoberfläche ist keine Erscheinung für das Leben der Tiere und Pflanzen und für die Kulturarbeit der Menschen so bedeutungsvoll wie jene Stellen, an denen grosse Ländermassen durch schmale Brücken verbunden erscheinen, oder wo weite Meeresbecken von schmalen Wasserstrassen geeint werden. Wenn das Mittelmeer,° statt durch die Strasse von Gibraltar mit dem Atlantik vereint zu sein, durch eine Strasse von Sues in den Indischen Ozean gemündet hätte, so würden wohl die Geschicke der Mittelmeerländer eine andere Richtung genommen haben, und wenn die flache, mittelamerikanische Landbrücke nicht existierte, so wäre dem Welthandel ein recht verschiedenes Gepräge aufgedrückt worden. Aber unsere Aufgabe ist es nicht, Vermutungen darüber anzustellen, wie es anders hätte sein können, sondern an der Hand der Thatsachen[1] wollen wir die Geschichte und biologische Bedeutung einzelner Landengen besprechen.

Durch die bekannten, technischen Unternehmungen sind besonders zwei Landengen in aller Mund gekommen, die von Sues und von Panama. Beide verbinden ungeheure Landkomplexe° und trennen grosse Ozeane von einander, beide sind von geringer, topographischer Höhe. Die grösste Erhebung des Isthmus von Sues bei el Gisr beträgt 16 m, die Bahn von Colon[2] nach Panama[3] übersteigt einen Bergrücken von 102 m Höhe. Da ausserdem beide Landengen aus jungen, marinen oder vulkanischen Gesteinen bestehen, so liegt die Vermutung nahe, dass beide eine ähnliche Entstehung und verwandte Geschichte haben.

Untersuchen wir die Geschichte des Roten Meeres, so erkennen wir leicht, dass jener lange, schmale Graben von Babel-mandeb[1] bis nach Sues eine sehr junge Bildung ist. Erst in der späteren Tertiärzeit° bildeten sich jene Sprünge,° sank ein schmales Stück der Erdrinde in die Tiefe und erlaubte den Wogen des Indischen Ozeans hineinzudringen in den wüsten Kontinent, den damals Afrika und Arabien ununterbrochen bildeten. Langsam sank die Scholle, welche jetzt den Boden des Roten Meeres bildet, in die Tiefe, heftige Vulkanergüsse erfolgten längs der hierbei entstehenden Spalten,° dann drang das Meer herein und eroberte mit seiner Tierwelt ein Gebiet, das vorher dem Festland angehörte.

Aber eine ganz ähnliche Geschichte besitzt der östliche Teil des Mittelmeeres zwischen Kleinasien° und Ägypten. Auch dieses Meeresbecken ist sehr jung, auch hier sind in den letzten Perioden der Erdgeschichte Rindenschollen in die Tiefe gesunken und haben die Ostküste des Mittelmeeres von den Ionischen° Inseln nach Syrien verlegt. In Verbindung mit dieser östlichen Verlegung des Strandes rückte auch die ganze Fauna des Mittelmeeres nach Osten vorwärts und kam auf diese Weise, wenn nicht zur Vermischung, so doch zu einer grossen Annäherung mit der Fauna des Indischen Ozeans.

So erblicken wir in der flachen Landenge von Sues nicht den Beginn einer Verlandung, sondern die letzte, trennende Wand zwischen zwei sich verbreiternden Meeren. Das Mittelmeer drang nach Osten und Süden, das Rote Meer nach Norden vorwärts, beide brachten ihre Tierwelt mit sich und durch Menschenhand ist jetzt auch die letzte

Schranke gefallen, welche eine Vermischung der beiden so verschiedenen Faunen früher verhinderte.

Keller hat die Wanderung der erythräischen° und der mediterranen Tierwelt durch den Sueskanal zum Gegenstand sorgfältiger Untersuchungen gemacht. Da in der Mitte des Kanals die Verdunstung sehr gross ist, so strömen von Norden und von Süden stets neue Wasser in den Kanal hinein und begünstigen das Wandern der Tierwelt. Vier Mollusken des Mittelmeeres sind bis Sues vorgedrungen, dagegen sind fünfzehn Molluskenarten des Roten Meeres nach dem Mittelmeer gelangt, und wahrscheinlich wird die Vermischung der beiderseitigen Faunen im Laufe der Jahre immer weiter gehen.

Ein wesentlich verschiedenes Bild bietet die Verbreitung der Tiere an den beiden Ufern von Mittelamerika. Während zwischen der mediterranen Fauna von Port Said und der indischen Fauna von Sues ein schroffer, unvermittelter Gegensatz besteht, so finden wir im Caraibischen Meere und im Golf von Panama bei vielen Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der Fauna doch merkwürdige Übereinstimmung. Die Korallen des Caraibischen Meeres sind nahe verwandt mit denen der Pazifischen Küste, indentische Fischarten leben in den beiden Meeren, welche die Küsten des Isthmus von Panama bespülen, und sind ein Beweis dafür, dass beide Meere in jüngster, geologischer Zeit noch zusammengehangen haben.

Vergleichen wir damit die Verschiedenartigkeit in der Landfauna von Nord- und Südamerika, so ergiebt sich mit grosser Wahrscheinlichkeit die Annahme, dass die beiden amerikanischen Kontinente noch in der Tertiärzeit° von

einander getrennt waren, dass erst in der jüngsten Periode die Landenge von Mittelamerika aus den Fluten emporstieg und die Meere trennte, indem sie die Länder vereinigte. Der Isthmus von Sues ist die letzte, trennende Schranke zwischen zwei sich vergrössernden Ozeanen, die Landenge 5 von Panama dagegen ist eine kürzlich entstandene Scheidewand, welche ein einheitliches Meer zerlegte und eine gemeinsame Fauna in zwei Teile trennte.

Meerengen und Landengen sind Gegensätze, und alles, was bei einer Meerenge für die Tierwelt des Meeres vorteilhaft 10 ist, das schadet den Bewohnern des Landes, und umgekehrt. So lange in Mittelamerika eine Meerenge vorhanden war, konnte die atlantische Fauna sich mit der pazifischen Tierwelt mischen, dagegen war es den Tieren Nordamerikas unmöglich, nach dem südamerikanischen Kontinent zu wandern 15 und sich dort auszubreiten. Sobald aber die Landenge von Panama aus den Fluten des Meeres heraussteig, wurden die Meeresfaunen scharf getrennt und von einander geschieden, während die Tiere des Landes auf der neu erstandenen Brücke nach Norden und Süden wandern konnten. 20

Eine der merkwürdigsten und für die Verbreitung der Landtiere in der Alten und Neuen Welt wichtigsten Stellen der Erdoberfläche liegt im Gebiet der Behringsstrasse.

Der grösste Teil des Behringsmeeres ist 50–100 m tief. Jede 25 geringfügige Strandverschiebung° in der Umrandung° des Pazifischen Beckens muss die Küste des Behringsmeeres wesentlich beeinflussen; und eine negative Strandverschiebung von nur —50 m trennt sofort das Polarmeer von dem Pazifik und vereinigt zugleich die Länder der Alten und der Neuen 30

Welt. Aber noch eine andere, wichtige Folge muss eine solche Strandverschiebung haben: Bekanntlich findet der Golfstrom sein Gegenbild in der warmen, schnellen Meeresströmung, welche an den Küsten von Japan und Kamtschatka entlang nach Nordosten fliesst und durch die Behringsstrasse in das Polarmeer hineindringt. Zu gleicher Zeit fliesst eine kalte Unterströmung aus dem Polarmeer nach Süden und bespült mit ihrem kalten Wasser und ihren Eisbergen die Küsten von Aljaska. Sobald durch eine Strandverschiebung von —50 m das Behringsmeer landfest geworden ist, kann das kalte Polarwasser nicht mehr nach Süden dringen und der Kuroschiostrom[1] erwärmt die neuentstandene Landverbindung in bedeutsamer Weise. Sobald aber eine positive Strandverschiebung von +50 m wieder eintritt, wird alles so, wie es heute ist.

Es ist nun eine auffallende Thatsache, dass man bei der Entdeckung von Nordamerika keine Pferde dort fand, und dass alle amerikanischen Pferde importiert sind, obwohl nirgends auf der Welt die versteinerten Urahnen des Pferdegeschlechts so wohl erhalten sind, wie gerade in den tertiären[°] Schichten von Nordamerika. Wir können daraus mit Sicherheit schliessen, dass die Pferde sich in Amerika früher sehr wohl befunden und ausgebildet haben, dann aber nach der Alten Welt eingewandert sind, während sie in Amerika ausstarben.

Sehen wir uns um nach früheren Landverbindungen zwischen Amerika und Europa, so sind dieselben über den Atlantik höchst problematischer Natur; um so interessanter aber ist es, dass über den Nordrand des Pazifik hinweg eine Landbrücke leicht und oft sich bilden konnte, und dass wir

daher vermuten können, dass viele wichtige, tiergeographische Wanderungen über die „Behringsbrücke" erfolgt sind.

An solchen Beispielen lernen wir den hohen Wert ozeanographischer Studien für scheinbar weitabliegende Probleme erkennen und werden immer mehr in der Anschauung befestigt, dass nichts auf der Erde geschehen kann ohne unmittelbare und mittelbare, wichtige Folgen für die Organismenwelt, die sie bewohnt. Und wenn wir weiter bedenken, dass die Ursachen einer Strandverschiebung in der Behringsstrasse vielleicht im Süden des Pazifik liegen können, so enthüllt sich unserm Blick ein wunderbarer Zusammenhang isolierter, irdischer Erscheinungen mit grossen, kosmischen Vorgängen.

19. Geschichte des Meeres.

Nachdem wir in den vorhergehenden Abschnitten die verschiedenen Eigenschaften und Erscheinungen des Meeres besprochen haben, ist es jetzt, zum Schluss, unsere Aufgabe, einen Rückblick zu werfen und der Vorgänge zu gedenken, welche das Meer zu dem gemacht haben, was es heute ist. Wie jede andere Naturerscheinung können wir auch den Ozean nur dann wahrhaft erkennen, wenn wir seine Eigenschaften als das Endprodukt geschichtlicher Vorgänge auffassen.

Es giebt eine Wissenschaft, deren eigentliches Endziel es ist, die Geschichte des Meeres zu ergründen, das ist die Geologie. Die Mehrzahl der Gesteine und der Versteinerungen sind Reste versteinerter[1] Meere. Wenn man die

grosse Fülle geologischer Lehrbücher, Abhandlungen und Zeitschriften von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, dann wird es begreiflich erscheinen, dass eine nur einigermassen vollständige Geschichte des Meeres weit über den Rahmen dieses Abschnittes, dieses Buches hinausragen würde. Es kann daher hier nicht unsere Aufgabe sein, eine wirkliche Geschichte des Meeres von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart zu geben, sondern wir können nur die allgemeinen Prinzipien einer solchen auseinandersetzen und die Hauptphasen derselben hervorheben.

Das Weltmeer besteht aus einer Anzahl tiefer Becken, welche mit Wasser erfüllt sind. Die Becken sind isoliert; das Wasser ist in seinen wesentlichen Eigenschaften überall dasselbe; und so gliedert sich eine allgemeine Geschichte des Meeres naturgemäss in zwei Abschnitte. Zuerst haben wir die Bildung und Urgeschichte des Meeres, als eines flüssigen, bewegten und belebten Mediums, zu betrachten, dann haben wir zu verfolgen, wie sich die Verhältnisse von Kontinent und Ozean umgestalteten und wie sich die Umrisse der jetzigen, verschiedenen Meere herausbildeten.

Wenn wir uns zurückversetzen in eine längstvergangene Vorzeit, dahin kein wissenschaftlich gangbarer Weg leitet, in das Dunkel der Vergangenheit, in welches uns nur das matte Licht der Hypothese einen flüchtigen Blick zu thun gestattet, da finden wir einen Erdball, umgeben von einem uferlosen Meer, bedeckt von einer gleichmässigen Wasserhülle, aus der von Zeit zu Zeit brodelnde Vulkane hervorbrechen, um nach kurzer Thätigkeit wieder zu verschwinden. Damals gab es noch keine Kontinente, keine unterscheidbaren Ozeane; das Antlitz der Erde bot noch nicht jene Runzeln und Falten, welche es jetzt bedecken.

Wenn heute die gesamte Wassermasse des Meeres gleichmässig über die Erdoberfläche ausgebreitet würde, so betrüge die Tiefe dieses Weltozeans etwa 2000 m, und es ist nicht wahrscheinlich, dass die Tiefe des Urmeeres° diese Zahl beträchtlich überschritten habe. Denn nach dem Weltenraum° giebt die Erde kein Wasser ab, und der Verlust der Erdoberfläche an flüssigem Wasser durch Bildung wasserhaltiger Mineralien ist nicht allzu bedeutend. Die Umgrenzung der ältesten, geologisch erkennbaren Meere verlangt wenigstens keine Wassermenge, welche erheblich grösser wäre als diejenige unserer gegenwärtigen Ozeane.

Von den Eigenschaften dieses Urmeeres können wir uns auch nur vermutungsweise Rechenschaft geben. Zwar hat man mit scharfsinnigen Argumenten die Existenz eines salzfreien Urmeeres zu beweisen gesucht, allein wenn wir bedenken, dass damals eine dünnere Erdkruste jedem vulkanischen Ausbruch leicht das Empordringen gestattete, wodurch grosse Mengen von Asche und salzhaltigen Dämpfen in das Meer gelangten, so scheint uns ein grösserer Salzreichtum des Urmeeres wahrscheinlicher.

Die Frage, wann? und wo? das erste, organische Leben in diesem Urmeere auftrat, ist eben so schwer zu beantworten wie die nach der Form, in der zum ersten Male organisches Protoplasma auf der Erde sich regte. Wir können wohl vermuten, dass das Leben im Ozean entstand, es liegt sogar nahe, anzunehmen, dass pflanzliche Organismen den Anfang machten, und aus ihnen erst die Tiere entstanden, allein wir haben keinen festen Boden unter den Füssen, indem wir diese Probleme betrachten.

Nicht minder hypothetisch sind alle Ansichten, welche

man über die Zeit äussern kann, als zuerst der Schrumpfungs-
prozess des sich abkühlenden Erdinnern grössere Einbrüche°
zur Folge hatte.

Wenn wir uns jenes Globus von Manneshöhe erinnern, so
5 bedurfte es auf ihm eines Einsinkens einzelner Rindenstücke
um ½ mm, um sofort Kontinente und Ozeane von einander
zu sondern. Auf diese Zeit lässt sich das Bibelwort vom
dritten Schöpfungstage anwenden: „Es sammele sich das
Wasser unter dem Himmel an besondere Örter, dass man
10 das Trockene sehe."

Nach Jahrtausenden lässt es sich nicht berechnen, wann
solches geschah, und wie lange es währte, aber die Bildung
der Kontinentalsockel auf der einen Seite, der Ozeanbecken
anderseits ist eine der wichtigsten Epochen in der Ge-
15 schichte nicht nur der Erde, sondern auch des Meeres. So-
bald einmal der Gegensatz zwischen Festland und Meer
gegeben war, musste die ganze, weitere Erdgeschichte in
einem beständigen Ringen zwischen Wasser und Land be-
stehen. Seit jener Zeit besteht das Wesen der geologischen
20 Veränderungen der Erdoberfläche in zwei Vorgängen, deren
einer die Wasserhülle, deren anderer die Erdrinde zu seinem
Schauplatz hat, welche aber sich in der mannigfaltigsten
Weise gegenseitig beeinflussen. Die Erdrinde bricht in Schol-
len in die Tiefe, oder runzelt sich zu Faltengebirgen° empor
25 — unabhängig davon verschiebt sich das die Erdkugel um-
spannende Wasserhäutchen in der Weise, dass Regionen,
die vorher flacher Meeresboden waren, landfest werden,
während umgekehrt Landstrecken vom Ozean überflutet
werden. Es ist ein Wandern einer nahezu konstanten Was-
30 sermasse von einem Ort der Erdoberfläche zum andern,

nicht eine Verminderung, ein Eintrocken der Wassermenge. Hierbei können ganze Kontinente vom Meere verschlungen und überflutet werden, aber keine hebende Kraft bringt den Boden der Tiefsee wieder empor zum Tageslicht. Die Erdschollen,° welche hinabgesunken sind, bleiben auch fernerhin in der Tiefe.

Die Entstehung der Kontinente und der Ozeanbecken musste eine ganze Anzahl wichtiger Veränderungen im Gefolge haben.

Die Wanderung der Gezeiten wurde nicht mehr allein von der Bahn der Gestirne bestimmt, sondern auch durch die Umrisse der Meeresbecken verändert. Meeresströmungen passten sich dem Küstenverlauf an, und wurden vielfach durch vorspringende Halbinseln abgelenkt.

Das aus dem Meere verdunstende Wasser fiel auf das Festland nieder, sammelte sich zu Süsswasserströmen und -Seen, und immer mannigfaltiger wurden die Bedingungen des Lebens auf der Erde.

Doch verlassen wir das trügerische Gebiet hypothetischer Betrachtungen und wenden wir uns den geologisch nachweisbaren Veränderungen der Meere zu, so können wir uns schon aus den Überresten der ältesten, versteinerungsführenden° Schichten, des Cambriums,° ein sehr abwechslungsreiches Bild geologischer Zustände entwerfen.

Es mag wohl vermessen erscheinen, die Zustände der Erdoberfläche aus einer Zeit zu schildern, welche viele Millionen Jahre vor unserer Gegenwart zurückliegt; und in Anbetracht so lange verflossener Zeiträume möchte man annehmen, dass die Cambrische Periode mit der Gegenwart qualitativ gar nicht verglichen werden darf, dass die damals

herrschenden Bedingungen des Erdenlebens grundsätzlich verschieden waren von denen, welche wir heute beobachten.

Allein es ist eine bemerkenswerte Thatsache, dass, während tausende von Tierarten, hunderte von Gattungen im
5 Laufe der Erdgeschichte ausgestorben sind, zwei kleine Weichtiere seit den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart gelebt haben, und sich in dem Bau ihrer Schale und in ihrer Lebensweise gar nicht veränderten.

Millionenweise liegen die hornigen Schalen der *Lingula*
10 (eines Brachiopoden) und der verwandten *Discina* in den sandigen Schichten der ältesten, versteinerungsführenden° Periode. Die Struktur dieser Sandsteine spricht für eine Ablagerung in geringer Wassertiefe, nahe einer Küste. Und zu Millionen lebt *Lingula* heute an den Küsten tropischer
15 Meere so nahe dem Strande, dass die japanischen Fischer mit Rechen die Tiere aus dem Sande herauskratzen, um sie als Düngemittel zu verkaufen. Und eben so zahlreich finden wir in geringen Tiefen unserer Meere *Discina* auf steinigem Meeresgrunde angeheftet. Wenn im Cambrium°
20 die Lebensbedingungen derartige waren, dass diese beiden Schaltiere° in derselben Weise wie heute leben und gedeihen konnten, so haben wir keinen Grund daran zu zweifeln, dass eine wesentliche Umgestaltung aller Lebensbedingungen auf der Erde seit jener Zeit nicht erfolgt sei,
25 so nehmen wir das Recht in Anspruch, die Reste jener längst versteinerten Meere mit demselben Massstabe zu messen, nach denselben Prinzipien zu beurteilen, wie die Meere der Gegenwart. Die ganze Erdgeschichte seit dem Cambrium löst sich auf in eine stete Wandelung von Wasser
30 und Land, von Berg und Ebene, eine Verschiebung der

Klimazonen, eine Veränderung der Meeresumrisse, aber nirgends haben wir begründeten Anhalt dafür, dass eine einmalige, universelle Umgestaltung, oder gar mehrere Erdrevolutionen die Bedingungen der gesamten Erdoberfläche gleichzeitig verändert hätten. 5

Je mehr der Geologe sich vertraut macht mit den Bedingungen der gegenwärtigen Meere, desto leichter fällt es ihm, die Phasen der Erdgeschichte zu enthüllen, überall sieht er bekannte Erscheinungen, immer wieder begegnen ihm verständliche Vorgänge. 10

Während im Norden von Schottland und im Norden Amerikas zur Zeit des Cambrium die kleine *Lingula* im seichten Wasser nahe der Küste im Sande vergraben lebte, war das nördliche England Schauplatz verheerender Vulkanausbrüche. Ein Archipel vulkanischer Inseln tauchte aus 15 dem Meere heraus, und da man die vulkanischen Aschentuffe ° jener Zeit hauptsächlich im Osten der gleichalterigen Lavaströme findet, so liegt die Vermutung nahe, dass westliche Winde die emporgewirbelten Aschen weithin verschleppten. 20

In der Mitte von Böhmen ° war damals ein tieferes Meer und das zahlreiche Vorkommen blinder Krebse ° (Trilobiten) in den Schichten jener Zeit ist als ein Zeichen dafür gedeutet worden, dass dort die Bedingungen der Tiefsee herrschten. Dagegen finden wir schon im nahen 25 Thüringen ° cambrische Ablagerungen, in denen noch kein Tier gefunden worden ist, während die kleinen Büschel eines algenartigen Gebildes *(Phycodes)* in grosser Menge die seichten Gründe dieses Meeres bedeckt haben müssen.

Wie vielgestaltig ist das Bild, das uns die kritische 30

Betrachtung eines so kleinen Gebietes darbietet, und wie verwandt unserer Gegenwart sind die biologischen Bedingungen der nahe bei einander liegenden Regionen!

Nach mehrfachem Vordringen und Zurückziehen des Meeres während der Silur-° und Devonzeit° finden wir in der oberen Hälfte der sogenannten Carbonzeit° das kontinentale Europa und England, und einen grossen Teil von Nordamerika als Festländer wieder. Ungeheure Wälder sonderbarer Gewächse, Lepidodendren,° Sigillarien,° Farnbäume bedecken das Land; und in sumpfigen Niederungen sammelt sich der Humus° an, der als Steinkohle° uns jetzt so wertvoll ist.

Und wieder tritt das Meer über Europa hinweg. Hohe Gebirge, welche von Irland durch Belgien° zum Rhein, und von diesem durch den Harz[1] und Thüringer Wald[2] bis nach dem Westen Deutschlands reichten, wurden abradiert, Meeresgeschöpfe tummelten sich auf den eingeebneten Klippen ehemaliger Festländer. Im Gebiet der Alpen gediehen mächtige Koralleninseln; dann sehen wir wieder in Schwaben° und Franken° Korallenarchipele entstehen; aber grosse Flächen Europas waren periodisch oder dauernd landfest, bis in der oberen Kreide° abermals das Meer transgredierend aus seinen Ufern trat[3] und gewaltige Landflächen überflutete in der Transgression° des Cenoman.°

Seitdem oszillierte das Meer auf und ab, ohne dass so grosse Transgressionen wieder vorgekommen wären. Dafür vollzog sich in der letzten, der Gegenwart vorausgehenden Periode ein Ereignis, welches zwar nur einen kleinen Teil der nördlichen Halbkugel betraf, hier aber ziemlich tiefgreifende, biologische Veränderungen zur Folge hatte.

Wir haben schon erwähnt, dass während der sogenannten Eiszeit die Gletscher Skandinaviens bis nach Mitteldeutschland herab, das Binneneis° in Nordamerika aber bis über Chicago und New York nach Süden reichte, denn so weit kann man die Moränenablagerungen° und erratischen Blöcke[1] verfolgen.

Hervorgehoben zu werden verdient, dass diese Vereisung° keineswegs auch Sibirien betraf, sondern dass die Verbreitung des Binneneises während der Eiszeit so verteilt ist, als ob der Kältepol sich in der Mitte von Grönland befunden habe. Wenn wir annehmen dürfen, dass das Binneneis jener Zeit mit derselben Geschwindigkeit floss wie die heutigen Gletscher Grönlands, so bedurfte es 80 Jahre, bis das Binneneis von Christiania nach der Breite von Berlin gelangte.

Dieses nordische Inlandeis beeinflusste nicht nur die Verteilung der Landorganismen in Europa, sondern in hohem Masse auch die der marinen Tierwelt.

Die innere Ostsee° war einst ein westlicher Arm des Eismeeres, der in direkter Verbindung mit dem Weissen Meere stand, und von diesem aus seine Tierwelt erhielt. Bei Stockholm und Upsala findet man jetzt noch die versteinerten Reste solcher Eismeermollusken. Dann wurde die Ostsee durch eine Landbrücke gegen das Eismeer abgesperrt, das Süsswasser, welches die Flüsse hineinführten, nahm überhand und tötete die meisten, polaren Tierformen, das Inlandeis schob sich über den Boden der Ostsee hinweg und verhinderte die Entwickelung von Organismen. Erst als die Eisdecke geschmolzen und die Schmelzwasser verlaufen waren, konnte die Ostsee wieder bevölkert werden, und da sie vom Eismeer jetzt abgetrennt war, so wanderten von der Nordsee,

mit der das Ostseebecken in Verbindung getreten war, neue Tierformen ein. Der geringe Salzgehalt° gestattete nur wenigen Tieren hereinzudringen, und so sehen wir gegenwärtig in der Fauna der Ostee einen verkümmerten Zweig der Nordseefauna.

Nachdem wir in den vorhergehenden Abschnitten mit naturwissenschaftlichem Blick die Erscheinungsformen des Meeres betrachtet haben, nachdem wir die verwickelten Zusammenhänge scheinbar einander fremder Phänomene kennen lernten und überall gesetzmässig[1] wirkende Kräfte, seltsame Wirkungen einfacher Ursachen nachweisen konnten, treten wir wieder an das Meer.

Sonnenglanz ruht auf der glatten Fläche und Sonnenlicht lacht uns aus dem blauen Wasser entgegen. Langsam hebt sich die Dünungswelle° empor, und erzählt uns von einem Sturme, der sie auf offenem Meere erzeugte, und dem sie enteilte nach dem fernen Strande. Zu unseren Füssen rollt die Welle ans Ufer, und schäumt an der felsigen Klippe empor. Dort trägt sie kleine Sandkörnchen auf das Land, die der Wind ergreift und zur hohen Düne aufbaut, hier nagt sie abradierend an den Felsen und erzeugt eine tiefeingeschnittene Strandlinie. Ein Stück Treibholz wird ans Ufer gespült und berichtet uns von dem konstanten Winde, welcher Meeresströmungen erzeugte, und von dem weiten Wege aus fernem Tropenland bis an die nordische Küste. Dort liegt eine Qualle° und erinnert uns an die wunderbare Welt des Plankton,° an die seltsamen Wanderungen, welche die pelagische° Tierwelt Tag und Nacht vollführt; eine ausgeworfene Muschelschale ruft uns die Lebensbedingungen der litoralen° Tierwelt ins Gedächtnis, und jedes Tangbüschel erzählt von den Nahrungsquellen des marinen Tierlebens.

Durch die naturwissenschaftliche Betrachtungsweise verliert freilich manche Erscheinung den geheimnisvollen Reiz, der sie umgab, so lange sie uns ein unerklärtes Wunder war; aber indem das Wunderbare des einzelnen Geschehens vor dem kritischen Blick ursächlicher Betrachtungsweise ver- 5 schwindet, öffnet sich uns dafür eine neue Welt künstlerisch befriedigender Vorstellungen.[1]

Wo wir vorher nur einzelne, isolierte Thatsachen sahen, enthüllt sich jetzt unserm geistigen Auge ein harmonisches Zusammenwirken der Naturkräfte; das Alltägliche ordnet 10 sich unter höhere Gesichtspunkte, das Unbedeutende gewinnt geistigen Gehalt° durch seine vielseitigen Zusammenhänge, das Grauenhafte wird verklärt, das Getrennte wird vereinigt, und jeder Blick auf das unendliche, vielgestaltige Meer erfüllt uns mit Staunen und Bewunderung über die 15 ewige Ordnung der Naturgesetze.

Abbreviations and Signs.

C,	**Celsius**, centigrade.
cm,	**Centimeter**, centimeter.
d. h.	**das heisst**, that is.
engl.,	**englisch**, English.
Fig.,	**Figur**, figure.
gr.,	**Gramm**, gram.
km,	**Kilometer**, kilometer.
m,	**Meter**, meter.
mm,	**Millimeter**, millimeter.
N. Br.,	**nördliche Breite**, north latitude.
N. N. W.,	**Nord-nord-west**, north-northwest.
R.,	Réaumur.
resp.,	**respective**, or.
s.,	**siehe**, see.
S.,	**Seite**, page.
sogen.,	**sogenannt**, so-called.
St.,	**Sankt**, Saint.
u. a.,	**und andere**, and others.
u. s. w.,	**und so weiter**, and so forth.
v. Chr.,	**vor Christus**, Before Christ.
z. B.,	**zum Beispiel**, for example.
°	**Grad**, degree.
=	**ist gleich**, equals.
—	**minus**, minus.
+	**plus**, plus.
□	**Quadrat**, square.
%	**Prozent**, per cent.

NOTES.

Page 1. — 1. **Tauschhandel-Verbindungen anknüpfen,** *to enter into commercial relations. Tauschhandel* = barter, exchange; *Verbindung* = connection, combination.

2. **hin,** an adverb intensifying the force of the preposition *gegen.*

Page 2. — 1. **tier-.** The hyphen indicates that the second component part of the following compound word (viz., **geographische**) is to be supplied with **tier-**: *geographical differences in animals and plants.* — 2. **Verbreitungsgebiete,** *extent of territory.*

3. **kulturwissenschaftlich** = relating to the science of civilization; trans., *but these also have a significance indicative only of the progress of civilization, but not a scientific significance.*

Page 3. — 1. **m.** For all abbreviations and signs, see page 162.

2. **befuhr.** Notice the force of the prefix **be** here. It frequently changes an intransitive verb into a transitive; the intransitive *fahren* signifies: *to move, travel, go* (in a carriage or boat), etc.; *befahren,* to travel *over,* journey *on, navigate,* etc. If *fahren* were used here, it would be necessary to employ a preposition to mediate the relation of the verb to the object. Cf. *Schreiben über,* to write *about; beschreiben,* to write *about, describe; sprechen über,* to speak *about; besprechen,* to speak *about, discuss; wohnen in,* to live in; *bewohnen,* to live in, inhabit.

3. **Telegraphenplateau.** The equivalent *telegraph-plateau* is not used in English. The reference is to the *great sub-oceanic plain.*

Page 4. — 1. **Plankton.** Use the same word in English. For a definition of the word, see pages 61 and 66.

2. **zusammenhängenden.** A participle used as an attributive modifier of *Fragen.* When such a participle is itself modified by words or phrases (here, *damit*) it should generally be translated after the noun modified, and before its own modifier, thus: *the economic questions connected with it.*

3. **zum Vorwurf . . . gemacht,** *made the subject.*

4. **versteinert,** *petrified.* The meaning is, the deposits of the land give the history of the petrified (i.e. pre-existent but now non-existent) seas, by means of which the deposits were formed.

Page 5. — 1. **beispielsweise,** lit., *by way of example;* trans., *say.*

Page 6. — 1. **aus,** an adverb intensifying the force of the preceding preposition.

Page 7. — 1. **Aufstossen,** lit., *to strike upon;* it may also mean *to run aground;* trans., *arrival at the bottom.*

2. **wenn . . . auch,** *even if, although.*

Page 9. — 1. **Ausschlag,** lit., *first stroke, or blow;* trans., as *Aufstossen,* page 7, note 1. — 2. **sicher konstatiert,** *ascertains with certainty.* — 3. **sind auch,** see page 7, note 2.

Page 10. — 1. **über welcher sich gerade das Schiff befindet,** *over which the ship happens to be.* Cf. *Ich war gerade da,* "I happened to be there."

Page 11. — 1. **Steigungen von einem Prozent,** *elevations of one per cent,* i. e. a rise of one unit in one hundred units of distance.

Page 13. — 1. **Vorderindien,** Hither or Nearer India, or India west of the Ganges (i.e. India proper) as distinguished from *Hinterindien,* Further India, Indo-China, or India beyond the Ganges; trans., *India.*

2. **Sundainseln,** *Sunda Islands,* a collective name for a group of islands in the Malay Archipelago.

Page 14. — 1. **Samoainseln,** *Samoan Islands* or *Samoa,* a group of islands in the south Pacific.

2. **Paumotuarchipel,** *Paumotu islands or Low Archipelago,* an extensive group of small islands in the south Pacific.

3. **Formosa,** an island east of China.

4. **Sachalin,** *Saghalin,* an island belonging to Russia, in the sea of Okhotsk, east of Siberia.

5. **Amurland,** *Amur,* a province in eastern Siberia.

6. **zu,** see page 6, note 1.

Page 15. — 1. **erscheinende,** see page 4, note 2.

Page 17. — 1. **besprechen,** see page 3, note 2.

Page 19. — 1. **wenn auch,** see page 7, note 2.

2. **heben ihre Wirkung gegenseitig so auf,** *so neutralize the effect of each other.*

Page 20. — 1. **trennend,** here an adverb, may be translated last and as a clause: *and separate them.*

Page 21. — 1. **Tromsö,** a port of northern Norway on an island of the same name.

Page 22. — 1. **Serapistempel,** "Serapis was the Roman name of a deity of Egyptian origin, whose worship was officially promoted under the Ptolemies and was introduced into Greece and Rome."

3. **v. Chr.** See "abbreviations," page 162.

Page 23. — 1. **Capri,** an island in the Mediterranean, at the entrance of the bay of Naples.

Page 24. — 1. **St. Helena,** an island in the south Atlantic, 1,200 miles west of Africa.

2. **Bonininseln,** *Bonin* (or *Uninhabited*) *Islands,* in the Pacific ocean, 500 miles south of Japan.

Page 27. — 1. **im grossen Stil,** *in a large way.*

2. **vorläufig,** *at present;* i.e. from the present evidence.

3. **eine . . . Überlagerung,** *one of the most beautiful cases of unconformable superimposition.*

4. **Saalfeld,** a town in the duchy of Saxe-Meiningen, south of Weimar.

Page 29. — 1. **Jura,** a chain of mountains in eastern France and western and northern Switzerland.

2. **Basel,** the chief city of the half-canton of Basel-Stadt in Switzerland.

3. **Solothurn,** capital of the Swiss canton, Solothurn.

Page 30. — 1. **Helgoland,** an island in the North Sea belonging to Prussia. It consists, really, of two islets, the "Rock Island," distinguished by steep, red cliffs, and the "Dune," or "Sand Island," east of Rock Island. Rock Island is divided into a lower town, *Unterland,* and an upper town, *Oberland,* on the cliff, connected with the lower town by wooden stairs.

Page 31. — 1. **in halbschematischer Weise,** *half diagrammatically.*

2. **Düne,** *Dune,* or *Sand Island,* see page 30, note 1.

3. **Unterland,** *lower town,* see page 30, note 1.

Page 34. — 1. **Unterlande,** see page 30, note 1.

2. **Es kommt dazu, dass,** *moreover.*

Page 35. — 1. **löst und leckt,** *dissolves and wears away;* lecken signifies, lit., *to lick, lap,* hence: *leckt an den Felsen* = "laps on the rocks," i.e. wears them away by lapping.

Page 36. — 1. **versteinerte Abrasion,** cannot be translated literally, it is equivalent, here, to *evidence of an ancient erosion interval* (i.e. proof of the existence of a fossil ocean).

2. **Salzkammergut,** lit., "salt crown-land," an Alpine district and imperial domain lying in the southern part of upper Austria. Because of its numerous Alpine lakes and other natural beauties, it is frequently called "the Austrian Switzerland." As the name suggests, salt-works abound.

Page 39. — 1. **Kantschindschinka,** *Kunchinjinga,* the third highest peak of the Himalayas, the two higher being Everest and Godwin-Austen.

2. **Dardschiling,** *Darjiling,* or *Darjeeling,* a town in Bengal, British India. On account of the clearness of the air, one has a fine view, looking northward, of the Himalayas.

3. **Mittelgebirge.** Mountain-ranges are divided, in Germany, according to height, into *Hochgebirge* (those over 1500 meters), *Mittelgebirge* (those between 500 and 1500 m) and *niedrige Gebirge,* including *Hügelland* (those below 500 m). Trans., *secondary mountains,* or simply *mountains.*

4. **brechen in die Tiefe,** *sink.*

Page 41. — 1. **Poseidon,** in Grecian mythology, god of the sea, corresponding to the Roman god, Neptune.

Page 43. — 1. **Smithsund,** *Smith sound,* a sea passage in the Arctic regions leading northward from Baffin bay.

Page 45. — 1. **kalbt,** *calves,* i.e. loosens and throws off a body of ice (said of a glacier).

Page 47. — 1. **Scheffels launiges Gedicht.** The poem referred to is "*Der erratische Block*" found in "Gaudeamus," a collection of popular, humorous poems by Joseph Victor von Scheffel, a prominent German poet and novelist (1826–1886).

2. **sollten,** *were said.*

3. **wenn . . . auch,** see page 7, note 2.

Page 48. — 1. **Andreas Achenbach,** a prominent German landscape and marine painter, born 1815 at Cassel. He painted several sea-storms and thunder-storms.

2. **Arnold Böcklin,** a prominent Swiss landscape painter, born 1827 at Basel, died 1901. In later times, several compositions appeared in which he showed great originality in his "glorious color-tones," hence: **farbensatt.**

Page 49. — 1. **Poseidon,** see page 41, note 1.

Page 51. — 1. **Lössgebieten,** *loesstracts,* "quaternary deposits (chiefly along rivers) of fine yellowish clay or loam, or of very fine sand, of angular particles."

2. **Laterit,** *laterite,* "a red, ferruginous, porous clay covering vast areas in some tropical countries."

Page 52. — 1. **Kurisches Haff,** a fresh water lagoon, about 60 miles long, north of the province of East Prussia. It is separated from the Baltic by sand-dunes ('*Kurische Nehrung*') and connected with it by the 'Memel Deeps,' a channel hardly 1000 ft. wide.

2. **Memel,** a seaport in the province of East Prussia, at the entrance of the Kurisches Haff.

3. **Nehrung,** a long, narrow strip of land separating a Haff from the sea. Use same word.

4. **heben sich ab,** lit., raise themselves off, *stand out in relief.*

5. **Dünenwall,** *dune-wall;* it refers to Sandgebirge above.

Page 57. — 1. **Helgoland,** see page 30, note 1.

2. **wie ihn,** *such as.*

Page 59. — 1. **Castel d'Uovo,** a fort and castle on a small, rocky island in close proximity to Naples. The name is due to its oval shape.

2. **Bocca piccola,** *little bay;* lit., little mouth.

3. **Rücken des Posilipo,** a ridge southwest of Naples.

4. **Mergellina,** a street in Naples on the slopes of the Posilipo facing the sea.

5. **Schloss der Donna Anna,** *castle of Donna Anna,* so called after Donna Anna Carafa, wife of the viceroy Duke of Medina, for whom it was begun in the seventeenth century, but never completed.

Page 65. — 1. **besprochen, behandelt,** see page 3, note 2.

2. **überhaupt,** *at all.*

Page 66. — 1. **Lebewesen,** lit., *animated being;* trans., *organism.*

Page 69. — 1. **vom . . . aus,** *aus* is an adverb here, intensifying the force of the preposition *von.* Lit., "from the littoral benthos out" (or forth) i.e. *going forth from the littoral benthos, starting from,* etc. Cf. page 6, note 1.

Page 70. — 1. **Anpassungserscheinungen,** *phenomena of adaptation.*

Page 71. — 1. **sich abheben,** see page 52, note 4.

Page 72. — 1. **Sind doch.** The verb is sometimes placed first in the sentence for the purpose of emphasizing the assertion. In such a case, it is generally followed by "*doch*" or "*ja.*" Translate **doch** here by *indeed.*

2. **darauf angewiesen.** *Anweisen* signifies *to point out, assign, direct;* followed by the preposition *auf* it means "to direct *to,*" "assign *to.*" Lit., "are directed only to this, to follow passively," etc. Trans., *cannot but follow,* etc.

Page 74. — 1. **Das Licht war . . . worden.** Lit., "the light on its path of 100 meters from the surface to the marble-plate and (reflected from this) penetrating again to the eye had, therefore, been absorbed." Render freely thus: *the light had, therefore, been absorbed on its path of 100 meters from the surface to the marble-plate and back again.*

2. **Villafranca,** Italian for Villefranche, a town on the southern coast of France, three miles from Nice.

Page 78. — 1. **Latomien,** Greek for *stone-quarries.* These stone-quarries are called "ill-famed," because the captives taken during the Athenian invasion of Sicily, 414 B. C., were imprisoned here.

2. **eingesenkt,** *excavated.*

Page 82. — 1. **Färör,** *Faroe Islands,* a group of islands lying between the Shetland islands and Iceland.

2. **Shoal Point,** on N.W. coast of Spitzbergen.

Page 89. — 1. **Pernambuco,** a seaport in Brazil.

Page 94. — 1. **Spitzbergen,** a group of islands in the Arctic ocean, north of Norway.

Page 95. — 1. **planmässig,** *-mässig,* in composition, has the meaning of *in conformity to;* hence, *planmässig* = *in conformity to a plan, systematically;* (cf. *zweckmässig* = "in conformity to the purpose," "appropriate").

2. **Mulder,** as intimated by the author, use the same word without translating.

3. **Auftrieb,** see note 2. The force of the word can be readily seen, it being applied to the small organisms *floating* (cf. *Auftrieb* = "baoyancy") on the surface of the sea.

Page 96. — 1. **Helgoland,** see page 3, note 1.

Page 101. — 1. **Ramesveram,** *Rameswaram,* an island between India and Ceylon.

2. **Cap Verden,** *Cape Verd islands,* a group of islands lying in the Atlantic west of Cape Verd, Africa.

3. **Torre del Greco,** a town in Italy, on the bay of Naples.

Page 106. — 1. **Griffelkoralle.** There seems to be no common name in English corresponding to the German; lit., "*style-coral.*"

Page 108. — 1. **Wohl kann es . . . durchgreifen,** *to be sure, it can, by groping with its delicate tentacles, reach out over a small contiguous space.*

2. **bewohnen.** See page 2, note 3.

3. **sind darauf angewiesen.** See page 72, note 2.

Page 109. — 1. **zu unterscheidend** is a kind of future passive participle formed by using *zu* before the present active participle. It is always used attributively and implies a possibility or a necessity. Trans., *to be distinguished.*

Page 111. — 1. **wenn,** i.e. *es ist möglich, wenn;* cf. line 1.

2. **unseres Erachtens,** *in our opinion.*

3. **Malediven,** *Maldive islands,* an archipelago in the Indian ocean, southwest of Ceylon, comprising 17 atolls and 12,000 islets (popularly estimated) of which 200 are inhabited. They form thirteen political divisions and are ruled by a sultan tributary to the British government of Ceylon, who is called the "Sultan of the thirteen Atolls and 12,000 Islands."

4. **gerecht werden** signifies *to do justice to, to take into account,* and requires the dative case.

Page 112. — 1. **Nach . . . zu,** *zu* is an adverb here, repeating the force of the preposition *nach.* Cf. page 69, note 1.

Page 113. — 1. **Tropfsteine** is the general word for cave-formations, including both stalactites and stalagmites; it might be rendered here by *stalagmites,* as stalactites are mentioned separately.

2. **Kuro-Schio,** *Kuroshiwo,* the Black Current or Gulf Stream of Japan.

3. **nach . . . zu.** See page 112, note 1.

Page 114. — 1. **Angewiesen,** *must resort to importation from abroad;* see page 72, note 2. — 2. **von . . . aus,** cf. page 69, note 1.

Page 115. — 1. **Lebenseinheit,** lit., "life-unit." Translate here, *uniform life.* The meaning is: the fauna of the deep-sea was not originally uniform, but differentiated, since the deep-sea was colonized by different kinds of animals from the plant-producing regions.

2. **von . . . aus.** See page 69, note 1.

3. **im Grunde genommen,** *considered fundamentally, in truth.*

Page 119. — 1. **Challengerexpedition.** See page 3, line 29.

Page 121. — 1. **Es kommt dazu, dass,** *moreover.*

2. **Bestimmung,** *determination* (of the species).

Page 125. — 1. **wenn auch,** see page 7, note 2.

2. **um,** a separable prefix of *sich umgestalten.*

Page 129. — 1. **hinterindisch,** see page 13, note 1.

Page 130. — 1. **Trapani,** a seaport in western Sicily.

2. **Girgenti,** a town in southwestern Sicily.

3. **Isola di Fernando,** Italian for *Ferdinand's Island.*

Page 135. — 1. **Nisida,** a small island near Naples.

Page 136. — 1. **Das Land der Phäaken,** *the land of the Phaeacians.* In the Odyssey, a mythical island, Scheria or Phæacia, described as being "far away from plotting neighbors" — "afar within the unmeasured deep."

2. **Paul und Virginie,** *Paul and Virginia,* a novel by Bernardin de Saint-Pierre, the scene of which is laid in Mauritius, one of the Mascarene Islands in the Indian ocean.

3. **Robinsons,** *Robinson Crusoe.*

Page 138. — 1. **Die Halligen,** *the halligs;* for a description of the process of their formation, see the Leipzig edition of Walther's "Allgemeine Meereskunde," page 235.

2. **Wattenmeer,** *De Wadden,* the shallow places along the Netherland North Sea coast, from Friesland to Schleswig, between the mainland and the sand islands lying beyond.

3. **Sunderbunds** or *Sundarbans,* "a wilderness region of swamps and islands in the southern part of the deltas of the Ganges and Brahmaputra, south-east of Calcutta."

4. **Nehrungen,** see page 52, note 3.

5. **Borkum, Norderney** and **Wangerog** belong to the East Frisian Islands, in the North Sea, off the coast of Hanover.

6. **Amrum, Sylt** belong to the North Frisian Islands, in the North Sea, west of Schleswig-Holstein.

7. **Rügen,** the largest and most beautiful of the German islands, situated in the Baltic Sea, north of Pomerania, Prussia, to which it belongs.

8. **Hiddensö,** *Hidden See,* an island west of Rügen.

Page 139. — 1. **Capri**, see page 23, note 1.

2. **Ischia**, a small island near the entrance of the bay of Naples.

3. **Procida**, a volcanic island at the entrance of the bay of Naples.

4. **Ponzainseln**, *Ponza Islands*, a group of small volcanic islands west of Italy.

5. **Helgoland**, see page 30, note 1.

Page 141. — 1. **Azoren**, *Azores*, a group of islands 800 miles west of Portugal.

2. **Madeira**, an island in the North Atlantic, about 360 miles from Africa.

3. **Kerguelen Inseln**, *Kerguelen Land* or *Desolation Island*, an uninhabited island in the Southern ocean.

4. **St. Helena**, see page 24, note 1.

Page 142. — 1. **Mauritius**, see page 144, note 1.

Page 143. — 1. **Es kommt hinzu, dass**, see page 34, note 2.

Page 144. — 1. **Mascarenen**, *Mascarene Islands*, a name given to Mauritius, Bourbon and Rodrigues in the Indian ocean.

Page 146. — 1. **an der Hand der Thatsachen**, *in the light of facts.*

2. **Colon** or *Aspinwall*, a seaport on the island of Manzanilla close to the Isthmus of Panama.

3. **Panama**, a seaport situated on the opposite side of the Isthmus from Colon.

Page 147. — 1. **Babel Mandeb**, *Strait of Babel Mandeb*, leading from the Red Sea into the Gulf of Aden.

Page 150. — 1. **Kuroschiostrom**, see page 113, note 2.

Page 151. — 1. **versteinerte Meere**, see page 4, note 4.

Page 158. — 1. **Harz**, *Harz Mountains*, in northern Germany.

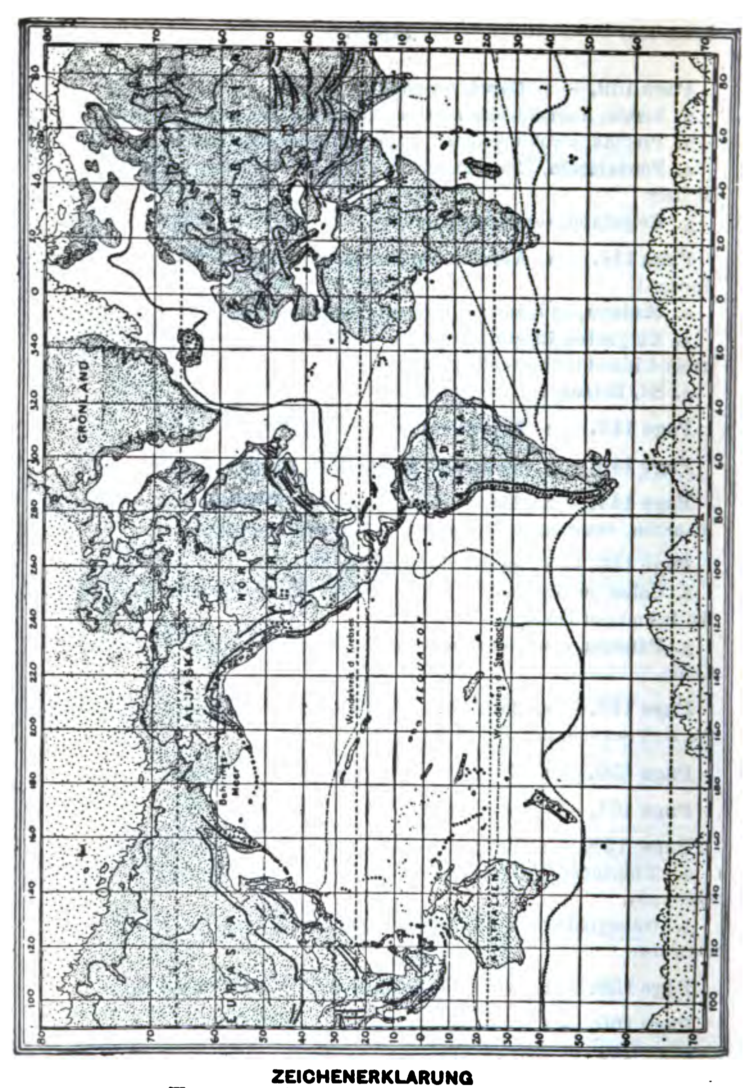
2. **Thüringer Wald**, *Thuringian Forest*, mountain-range in central Germany.

3. **transgredierend aus seinen Ufern trat**, *invading, abandoned its coast-line.*

Page 159. — 1. **erratische Blöcke**, see *Driftblock* (vocabulary.)

Page 160. — 1. **gesetzmässig**, see page 95, note 1.

Page 161. — 1. **eine neue Welt . . . Vorstellungen**, *a new world of ideas, satisfying the æsthetic sense.*



ZEICHENERKLARUNG

Kontinentalgebiet; Kontinentallinie; Küstenlinie; Gebirgszüge
Vulkane; Region des Packeises; Treibeisgrenze; Isohryme von 20° C
Eindringen der Gezeiten in die Flüsse (Flussgeschwelle oder Ästuarium)

VOCABULARY.

A.

Ablagerung, formation, deposit.
abschnüren, to detach.
abyssal, same word.
Actinien, actinia.
Algenkalke, algae limestones.
Anden, Andes.
anschwemmen, to wash to a shore or bank, to float to a place.
angeschwemmte Länder, land formed by alluvium, alluvial soil.
anorganisch = unorganisch.
Antillen(archipel), the Antilles.
Antillenmeer, Caribbean sea.
Aräometer, areometer.
Arca, same word.
Aschentuffe, ashtuffs.
Ascidien, ascidia.
Ästuarium, estuary.
Atemröhren, siphons (*Atem*, breath; *Röhre*, tube).
Atmosphärilien, atmospheric agencies.
Atolle, atolls.
Aufschüttung, heaping up.
Auftrieb, buoyancy.
Augenfleck, eye-spot.
Ausbuchtung, bending out (*Bucht*, bay; *ausbuchten*, to bend outwards in bay-like form).
Ausgleichströmung, equalization current.
ausschalten, to eliminate, remove.
Azoren, Azores.

B.

Bakterien, bacteria.
Balanen, acorn-shells.
Balanus, same word.
Balkenkreuz, cross of squared timber (*Balken*, beam, timber).
Bändertange, sea-tangles, devil's apron-strings.
Barium, same word.
Barriereriff, barrier-reef.
Barteln, barbels.
Bauch, ventral side.
Bäumchen, tree-like forms.
Beerentang, sea-grape.
Belag, coating, layer.
Belgien, Belgium.
Benguela, Benguella.
Benthos, same word.
besiedeln, to colonize.
Beuteltier, marsupial.
Bimsstein, pumice-stone.
Binneneis, same as *Inlandeis*.
bionomisch, bionomic.
Blasentang, bladder-wrack.
Blumenkrone, calyx.

Bodensee, Lake Constance.
Bogen, anticlines.
Böhmen, Bohemia.
Bohrmuschel, boring mussel.
Bonininseln, Bonin islands.
Bor, boron.
Borkentier, northern or arctic sea-cow, Steller's sea-cow.
Brandungswelle, breaking wave; (*Brandung*, breakers).
Bretagne, Britanny.
Brom, bromine.
Bruchspalten, fractures (p. 31, l. 4), fissures (p. 40, l. 27.)
Byssusfäden, byssus, byssus-threads.

C.

Cambrium, Cambrian.
Canarische Inseln, Canary islands.
Capreser, Caprian.
Carbonzeit, Carboniferous age.
Cäsium, cæsium.
Caulerpa, same word.
Cenoman, Cenomanian.
Cestus Veneris, Venus' girdle.
Chiton, same word.
Chlor, chlorine.
Chlorkalium, potassium chloride.
Chlormagnesium, magnesium chloride.
Chlornatrium, sodium chloride.
Chorologie, chorology.
chorologisch, chorological.
chromsaures Silber, silver chromate.
Codium, same word.

D.

dalmatinisch, Dalmatian.
Darmnucleus, viscera.
Deckel, operculum (cover, lid).
Deckenerguss, sheet (*Decke*, covering; *ergiessen*, to pour forth).
Delesseria, same word.
deformiert, deformed.
denudieren, to denude, wear away.
Devonschiefer, Devonian slates.
Devonzeit, Devonian age.
Diatomeen, diatoms.
diskordant, unconformably, unconformable.
diskordante Überlagerung, unconformity.
Diskordanz, unconformity.
Dislokationen, dislocations.
Dornen, spines.
Driftblock, drift-boulder, erratic, erratic block.
dünnbankig, thinly stratified (*Bank*, stratum, layer).
Dünungswelle (also *Deining*), swell.

E.

Echinodermen, echinoderms.
Eimerdredge, bucket-dredge, scoop-dredge.
Einbaum, dugout.
Einbrüche, sinkings (*einbrechen*, to break in).
Einbuchtung, bending in.
eingeschrumpft, degenerated (*schrumpfen*, to shrink, shrivel).
Eingeweidekern, intestinal nucleus.

Eingeweidesack, intestinal sack.
Einsiedlerkrebs, hermit-crab.
Eisblink, iceblink.
Elementengrenze, borders.
Entenmuschel, goose-barnacle.
Erdkern, central portions.
Erdschollen, masses of earth (*Scholle*, clod).
Eruptionsschlund, vent.
Eruptionsspalte, eruption fissure.
Eruptionsstelle, location of the vent.
erythräisch, Erythræan.
erythräisches Meer, Erythraean or Red sea.
ethnographisch, ethnographic.
exponieren, to expose.

F.

Fahrstrasse, high-road.
Faltengebirge, mountain of folding.
Fangfäden, tentacles; capturing tentacles or filaments (p. 98, l. 6).
faunistisch, faunistic, faunal.
festsitzend, fixed, stationary.
flachliegend, in the shallows (lit., shallow-lying).
Florideen, florideæ. (Cf. English *florid.*)
Flügelschraube, winged screw.
Fluor, fluorine.
Flusstrübe, silt (*Trübe*, cloudiness, turbidness).
Fluthafen, tidal harbor.
Foraminiferen, foraminifers, foraminifera.
Formenmannigfaltigkeit, multiplicity of form.
Franken, Franconia.
Fresspersonen, nutritive or feeding polyps or zoöids.

G.

Galapagos, Galapagos islands.
Gaurisankar, Mount Everest.
Gebirgsspalten, fractures of mountain folds.
Gehalt, import.
Generationswechsel, alternation of generations.
geschrumpft, see: schrumpfen.
Giftbläschen, poison-sacks.
Gips, gypsum.
Glasfluss, magma.
Globigerinenschlick, globigerina mud or ooze.
Golfkraut, gulfweed.
Grundmasse, ground mass, basis.
Grundprobe, sounding.

H.

Haftorgane, organs of attachment.
Haliotis, same word.
Handlot, hand-lead.
Hängewerk, federndes H., spring-frame.
Hebungstheorie, upheaval theory.
Hinlopenstrasse, Hinlopen strait.
Hinterleib, abdomen.
hinübergreifen, overlie, overlap.
Hirsekorn, millet-seed.
Horste, horsts.
Humus, humus, vegetable mold.
Hundertfadenstufe, hundred fathom step or terrace.

Hydranten, hydranths.
Hydrochariteen, hydrocharideæ.
Hydroidpolypen, hydroids, hydroid polyps.
Hypertrophie, hypertrophy.

I.

Island, Iceland.
isokryme, isocryme, isocrymal.
Ionisch, Ionian.

J.

jeweilig, at the time (*Weile*, while).
Jod, iodine.

K.

Käferschnecke, scarabee snail.
Kalium, potassium.
Kalkabsätze, lime sediments.
Kalkalgen, calcareous algæ.
Kalkbänke, calcareous beds.
Kalklamellen, calcareous lamellæ.
Kalksand, calcareous sand.
Kalksulfat, sulphate of lime.
Kaufuss, claw (lit., maxilliped).
Keimdrüsen, ovaries.
Keime, larvæ.
Kelche, cups.
Kesselstein, fur, boiler scale.
Kiemendeckel, operculum.
Kieselkrystalle, crystals of silica.
Kieselnadeln, silicious spicules.
Kieselschalen, silicious shells.
Kilche, whitefish.
Klammer, clasper.
Kleinasien, Asia Minor.
Knollen, nodules.
Knorpelblatt, cartilaginous plate or crest.
Kohlensäure, carbonic acid.
kohlensaurer Kalk, carbonate of lime.
konkordant, conformable, conformably.
konstatieren, verify.
Kontinentalschlamm, continental slime.
Kontinentalstufe, continental shelf.
Kordilleren, Cordilleras.
Krebs, **Krebschen**, crustacean, pl., crustacea.
Kreide, Cretaceous age.
Kreta, Crete.
Krone, calyx.
Kulmschiefer, Culm slates (*Kulm*, top, summit).
Kurilische Inseln, Kurile islands.

L.

Laminarien, laminaria.
Landkomplexe, land-complexes.
Laterit, laterite.
Lepidodendren, lepidodendrons.
leuchtend, luminous, phosphorescent.
Lithium, same word.
Lithodomus, lithodome, date-shell.
litoral, littoral, living near the shore.
Lithothamnium, same word.
Litorina, same word.

M.

Madreporen, madrepores.
Magnesiumsulfat, magnesium sulphate.
Malayischer Archipel, Malay Archipelago.
Mangan, manganese.
Medusen, medusæ, jelly-fish.
Meereskunde, oceanography, thalassography (lit., science of the ocean).
Milleporiden, millepores.
Milliarde, milliard, thousand millions.
Mineralaggregaten, mineral aggregates.
Minimaltemperatur, minimum temperature.
Mittelmeer, Mediterranean sea.
Modellierung, sculpturing.
Mondebbe, lunar ebb.
Mondflut, lunar tide.
Mooskoralle, bryozoan (pl., bryozoa).
Moostiere, bryozoa.
Moräne, moraine.
Muschelsand, shelly sand.
Mytilus, same word.

N.

Nachtgleiche, equinox.
Nadeln, spicules.
Nadirflut, nadir-tide.
Neapel, Naples.
Nebenmeer, secondary sea, small sea.
Nekton, same word.
neritisch, neritic.
Nesselfäden, defensive tentacles (strictly, tentacles armed with batteries of nettle-cells).
Nesselzelle, nematocyst, thread-cell, nettle-cell.
Niveau, level.
Nivellement, levelling.
Normal-Null, normal zero.
Norwegen, Norway.
Novaja-Semlja, Nova Zembla.
Nulliporen, nullipores.
Nunatacker, nunataks (an Eskimo word).

O.

Oberseite, dorsal side.
Ophiuren, Ophiuræ.
Ostsee, Baltic sea.
ozeanographisch, oceanographic.

P.

Palästina, Palestine.
Panzer, shell (lit., coat of mail).
Patagonien, Patagonia.
Patelle, limpet, patella.
Pechstein, pitchstone.
Pegel, water-mark, gauge-mark.
pelagisch, pelagic.
Personen, zoöids, polyps.
peruanisch, Peruvian.
Physalia, Portuguese man-of-war.
phytogen, phytogenetic.
planimetrisch, planimetric.
Plankton, same word (see p. 4, note 1).
Plattenstoss, disturbed series.
Plinius, Pliny.

Pommern, Pomerania.
Porphyr, porphyry.
porphyrisch, porphyritic.
Potameen, potameæ.
Pteropoden, pteropods.
Ptilota, same word.

Q.

Quaderreihen, rows of stones (*Quader*, freestone, *Reihe*, row).
Qualle, jelly-fish, medusa.

R.

radial, radially.
Radiolarien, radiolaria.
Rasen, mats.
Rasenflächen, patches.
Reihenvulkanen, volcano series.
Rhodymenia, same word.
Rinden, incrustations.
Röhre, tube.
Rubidium, same word.
rückgebildet, degenerated.
rund, in round numbers, approximately.

S.

Salpen, salps, salpæ.
Salzgehalt, salinity (*Gehalt*, contents).
Salzsole, brine.
Sardinien, Sardinia.
Sauerstoff, oxygen.
Saugnäpfe, suckers.
Saumriff, fringing-reef.
Schaltier, brachiopod (lit. shell-fish).
Scheinwerfer, search-light.
schematisch, diagrammatic.
Scheren, chelæ.
Schichtenfugen, bedding-lines (*Schicht*, layer, bed; *Fuge*, juncture, seam).
Schieferbänke, slate beds.
Schieferplatte, layer of slate.
Schirme, umbrella-like masses.
Schlangensterne, brittle-stars, ophiuræ.
Schleppnetz, dredge, drag-net.
Schliessnetz, closing net.
Scholle, flounder.
Schollenels, floe-ice.
Schöpfflasche, lit., scooping bottle. **Kieler Schöpfflasche**, Kiel bottle.
Schreckfarbe, warning color.
schrumpfen, to shrink, shrivel; *geschrumpft*, degenerated.
Schwaben, Swabia.
Schwärmspore, swarm-spore.
Schwimmblase, swimming-bladder.
Schwimmglocken, swimming-bells.
Seeblattern, same as *Balanen*.
Seegurken, sea-cucumbers.
Seeigel, sea-urchin.
Seelilien, crinoids.
Seerose, sea-anemone.
Seestern, star-fish.
Seetang, sea-weed.
Seezunge, sole.
Senkungsfelder, areas of depression.
Sigillarien, sigillaria.
Silicium, silicon.

Silurzeit, Silurian age.
Sinaihalbinsel, Sinai peninsula.
Sintflut (*Sündflut*), deluge.
Siphonaten, siphonates.
Siphonophore, siphonophoran, siphonophore; pl., siphonophora, siphonophores.
Sireneninseln, islands of the Sirens.
Sizilien, Sicily.
Sockel, socle.
sockelartig, socle-like.
Sonnenebbe, solar ebb.
Sonnenflut, solar tide.
Sorrent, Sorrento.
Spalten, fractures (p. 132, l. 14); clefts (p. 147, l. 11).
Spitzengewebe, lacy texture.
Springflut, spring-tide.
Sprünge, fissures.
Stacheln, spicules (p. 97), spines (pp. 107, 109).
stachelig, spiny.
Stammesgenoss, member of the same species (*Stamm*, race, family, *Genoss*, companion, associate).
Steinkohle, coal.
Steinkohlenzeit, Carboniferous age.
stenotherm, stenothermous.
Stichling, stickle-back.
Stickstoff, nitrogen.
Stiel, stem (p. 68); **gestielt,** furnished with a stalk (p. 68).
Stielaugen, stalked eyes.
Stiller Ozean, Pacific ocean.
Stirnrand, front (*Stirn*, brow; *Rand*, edge).
Stock, colony.
stockbildend, stock-building, colonial.
Stoffwechsel, metabolism (*Stoff*, matter; *Wechsel*, change).
Strandverschiebung, shifting of the coast line.
Strontium, same word.
Stufenland, terrace (*Stufe*, step).
Syrakus, Syracuse.

T.

tangential, tangentially.
Taschenkrebs, crab (common crab: cancer).
taube Flut, neap-tide.
tektonisch, tectonic, structural.
tellurisch, telluric.
tertiär, tertiary.
Tertiärzeit, Tertiary age.
Thüringen, Thuringia.
Tiefseephotometer, deep-sea photometer.
Tiefseereuse, deep-sea weel.
Tintenfisch, cuttle-fish.
Torresstrasse, Torres strait.
transgredierend, unconformably or unevenly overlying.
Transgression, transgression.
Tuff, same word.
Tuffstein, tuff; **Tuffsteinufer,** shores of tuff.
Tümpel, pool.

U.

übereinandergelagert, superimposed.
übergreifen, overlie.
Überlagerung, superimposition.

überstürzen (*refl.*), to tumble topsy-turvy; **sich überstürzend,** breaking.

Ultramarin, ultramarine.

Umrandung, contour (an unusual word. *Rand* = edge).

Unbeständigkeit, inconstancy.

ungleichmässig, unconformably, unevenly.

Unterlage, substratum.

Unterlauf, lower course.

Unterseite, ventral side.

Urmeer, primitive sea.

Urnahrung, primitive nourishment.

V.

vagil, moving, active (*related to Latin* VAGULUS, wandering, *and to English* vague).

Vakuolen, vacuoles.

Vaucherien, vaucheria.

Velellen, velellæ.

Venedig, Venice.

Vereisung, glaciation.

Verlandungsvorgang, process of land-making.

Verschiebung, shifting.

versteinerungsführend, fossil-bearing.

vollkrystallinisch, holocrystalline.

Vorland, terrace.

W.

Wasserversetzung, water diffusion.

wechselwarm, poikilothermous (*Wechsel*, change).

Weltenraum, interstellar space.

Weltgeschehen, worldly events (*Welt*, world; *geschehen*, to happen).

Wien, Vienna.

Wimpern, cilia.

Wimperringe, circles of cilia.

Wimperschopf, tuft of cilia.

Wurzelscheiben, suckers.

Wurzelschopf, tuft of anchoring spicules.

Wurzelstock, rootstock, rhizome.

Z.

Zählwerk, counter.

Zechstein, same word.

Zechsteinkalke, Zechstein limestones.

Zechsteinmeer, sea of the Zechstein period or Zechstein sea.

Zenitflut, zenith-tide.

zonar, living in zones, zonal.

Zonaria, same word.

zonarisch, zonal.



1.3

2.6

4.1

